

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр Коваль

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломна робота**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Інформаційні технології  
моніторингу довкілля»**

**спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»  
на тему: «Моделювання управлінських процесів в інженерних мережах  
на базі ГІС-технологій»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ТМ-61

Гейко Олег Олександрович \_\_\_\_\_

Керівник:

Асистент,

Швайко Валерій Григорович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Кандидат технічних наук,

Шевченко Олена Миколаївна \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти перший рівень

Напрямок підготовки 122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології

Спеціалізація Інформаційні технології моніторингу довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр Коваль

(підпис)

”    ”    \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботу студенту

\_\_\_\_\_ Гейку Олегу Олександровичу \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ «Моделювання управлінських процесів в інженерних мережах на базі ГІС-технологій»

керівник роботи \_\_\_\_\_ Швайко Валерій Григорович, асистент

(прізвище, ім'я, по батькові науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від ”25” травня 2020р. № **1168-с**

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_ Веб-додаток, а також Геоінформаційна база даних у форматі \*.gdb.

Засоби розробки JS, ArcGIS API for JS, ArcGIS Online.

Середовища розробки Visual Studio Code, ArcGIS Desktop.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Проаналізувати можливості ГІС технологій та побудову інженерних мереж. Спроектвати та розробити веб-додаток, що надав би можливість відображати об'єкти та інженерні мережі на та відображати діаграми.

5. Перелік ілюстративного матеріалу «Структура моделі об'єкту», «Приклад зв'язку між територіальною одиницею та власником», «Спосіб організації даних у ГІС», «Предметна область геомодельовання», «Інтерфейс ArcGIS Desktop», «Кросплатформенність ArcGIS Online», «Інтерфейс ArcGIS Online»,

«Інтерфейс IDE Visual Studio Code», «Процес створення бази геоданих», «Класи та об'єкти», «Вікно створення нового класу в існуючій ГБД», «Вікно створення нового класу просторових об'єктів», «Новий клас відношень», «Вікно створення класу відношень», «Логічна модель даних», «Одна із сторінок інтерфейсу користувача – карта університету», «План університету з електромережею», «План університету з електро-, водо-, газомережею», «Вибір шарів карти», «План університету з усіма інженерними мережами, вузлами, люками, лічильниками і т.д.», «Інформація про об'єкт на карті», «Pie chart діаграма вихідного току на електролічильниках».

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання ”\_\_” \_\_ грудня \_\_ 2019 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної з/п роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1.	Затвердження теми роботи	03.02.20	
2.	Вивчення та аналіз задачі	13-19.04.20	
3.	Розробка архітектури та загальної структури системи	20-26.04.20	
4.	Розробка структур окремих підсистем	27.04-03.05.20	
5.	Програмна реалізація системи	04-13.05.20	
6.	Оформлення пояснювальної записки	14-16.05.20	
7.	Захист програмного продукту	17.05.20	
8.	Передзахист	09.06.20	
9.	Захист	17.06.20	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Козачук О. В. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Швайко В. Г. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## **АНОТАЦІЯ**

Метою цієї роботи є моделювання управлінських процесів в інженерних мережах.

Прототипом для створення ГБД було взято генеральний план території Національного Технічного Університету України «Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського». База геоданих містить інформацію про будівлі та споруди на цій території, а також різні інженерні мережі. Розроблено додаток для енергоменеджменту, що спрощує взаємодію зі створеною ГБД.

Загальний обсяг роботи: 62 сторінки, 20 ілюстрацій та 19 бібліографічних найменувань.

Ключові слова: геоінформаційна система, генеральний план, інженерні мережі, база геоданих, додаток, надбудова.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to model management processes in engineering networks.

The master plan of the territory of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky" was taken as a prototype for the creation of GBD. The geodatabase contains information about buildings and structures in this area, as well as various engineering networks. An application for energy management has been developed, which simplifies the interaction with the created GBD.

Total volume of work: 62 pages, 20 illustrations and 19 references.

Key words: geoinformation system, general plan, engineering networks, geodatabase, application, add-in.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ЗАДАЧА МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖАХ .....	10
1.1 Мета створення геоінформаційної бази даних.....	11
1.2 Вхідні дані .....	12
1.3 Компоненти системи .....	13
1.4 Потенційні користувачі .....	13
2 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖАХ .....	14
2.1 Геоінформаційна система.....	15
2.1.1 Загальні принципи ГІС .....	16
2.1.2 Структура ГБД.....	17
2.1.3 Данні в ГІС .....	19
2.2 Особливості геоінформаційного моделювання.....	20
2.2.1 Базові категорії геомodelювання .....	22
2.2.2 Класифікація геоінформаційного моделювання .....	24
2.3 Інженерні мережі.....	26
2.3.1 Математичне забезпечення .....	27
2.3.2 Використання ГІС в інженерних мережах.....	29
2.4 Висновки .....	30
3 ЗАСОБИ РОЗРОБКИ .....	32
3.1 Опис ArcGIS Desktop .....	32
3.2 Опис ArcGIS Online.....	37

3.3 Середовище розробки Microsoft Visual Studio Code.....	40
3.4 Опис мови програмування JavaScript.....	42
3.5 Опис мови програмування JavaScript.....	44
3.6 Висновки .....	44
4 ОПИС РЕАЛІЗАЦІЇ.....	46
4.1 Створення бази геоданих.....	47
4.1.1 Класи просторових об'єктів.....	47
4.1.2 Класи відношень.....	50
4.2 Структура БД .....	51
5 РОБОТА КОРИСТУВАЧА З СИСТЕМОЮ.....	53
6 ВИСНОВОК.....	59
СПИСОК ДЖЕРЕЛ .....	60

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ**

ГІС	— геоінформаційна система.
ГІМ	— геоінформаційне моделювання.
ЕОМ	— електронно-обчислювальна машина.
СКБД	— система керування базами даних.
БД	— база даних.
ГБД	— геоінформаційна база даних.

## ВСТУП

З розвитком ІТ-технологій все частіше з'являються засоби для вирішення і оптимізації виробництва, бізнес-процесів, управлінських процесів і т.д. Енергоменеджмент не став виключенням.

Як відомо, енергетичний менеджмент – це діяльність пов'язана з контролем енергетичних процесів з метою мінімального та правильного споживання природних ресурсів в установах або на підприємствах, що дає змогу скоротити обсяги енерговитрат. Енергоменеджмент необхідний для досягнення енергоефективності. Це ізасіб, який дає можливість правильно організувати витрати енергії у будівлях та зменшити її споживання без значних витрат.

Енергоменеджмент – це одна із найголовніших складових існування об'єкту діяльності, яка полягає у задоволенні енергетичних потреб об'єкту, ефективного використання енергоресурсів та відповідних послуг для забезпечення основної місії об'єкту діяльності при мінімальному негативному впливу на оточуюче середовище, що відповідає принципам «зеленої» економіки.

Важливим критерієм існування енергоменеджменту є створення і формалізація його цілей. Досягнення встановлених цілей з точки зору енергоменеджменту, в значній мірі, залежить від ефективності використання енергетичних ресурсів, енергетичного обладнання, енергетичних мереж і роботи персоналу, що займається сферою енерговикористання.[1]

Енергетичний менеджмент містить в собі комплекс інструментів, а саме: моніторинг енергоспоживання, аналіз існуючих звітів для впровадження нових бюджетів та побудова прогнозних моделей для планування нових заходів і т. д.

Виходячи з таких вимог, створення системи управління енергетичними процесами без використання геоінформаційних технологій неможливе. Такий підхід



дозволить проводити моніторинг усіх видів енергоресурсів, зокрема електроенергії, тепла, газу, а також холодної води, які використовуються будівлями підпорядкованих установ та закладів. Збір даних показів лічильників в режимі онлайн, дозволить набагато швидше вносити інформацію про споживання без вставлення додаткових програм.

Але подібні системи лише починають набирати популярності як в нашій країні так і в світі. Тому знайти готові універсальні рішення, які можна було б одразу ж використати, майже неможливо. Всі існуючі аналоги розроблювалися конкретно під вимоги замовників.

# **1 ЗАДАЧА МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖАХ**

У всі часи знання про просторову орієнтацію об'єктів або, просто кажучи, про їх географічне положення, були дуже важливі для людей.

Сучасне суспільство теж живе, працює і співпрацює, спираючись на інформацію про те, хто і де знаходиться.

Як і багато аспектів нашого життя в останні десятиріччя, процес накопичення і використання просторових даних був сильно трансформований інтенсивним розвитком мікроелектроніки.

Дані, накопичувані про реальні об'єкти і явища нашого світу, в тій чи іншій мірі містять так звану "просторову" складову. Просторовий аспект в інформації мають будівлі і споруди, земельні ділянки, водні, лісові і інші природні ресурси, транспортні магістралі і інженерні комунікації. [2]

Мозок людини дуже гарно оброблює дані представлені в графічному вигляді в порівнянні з іншими представленнями. Карти є графічною візуалізацією просторових даних в паперовому або цифровому вигляді, на комп'ютері чи інших портативних пристроях. Завдяки графічному представленні географічних даних на мапі люди швидше розуміють розташування об'єктів та краще орієнтуються на місцевості.

У даному розділі розкрита сутність дипломного завдання та обумовлені задачі, що мали бути виконані у процесі виконання. Також описана мета, проблеми її досягнення, вимоги до вихідного програмного продукту.

## 1.1 Мета створення геоінформаційної бази даних

Метою цієї дипломної роботи є відображення споруд, будівель та інженерних мереж НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» з їхніми комунікаціями на карті із можливістю зручного отримання необхідних даних про них.

Виходячи із поставленої задачі необхідно виконати такі етапи роботи:

- аналіз існуючих паперових карт студмістечка;
- уточнення вхідних даних;
- погодження вихідних даних;
- з'ясування ролей майбутніх користувачів;
- розробка концептуальної моделі бази даних;
- створення геоінформаційної бази даних;
- наповнення розробленої бази даних інформацією про існуючі об'єкти та інженерні мережі НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»;
- створення відношень між будівлями, лічильниками та інженерними мережами;
- перенесення бази даних на віддалений сервер;
- розробка графічного інтерфейсу користувача.

Розроблюваний програмний продукт повинен мати зручний та зрозумілий користувацький інтерфейс. Додаток передбачає наявність функціональних можливостей для виділення окремих мереж, в залежності від того до якого типу вони відносяться. Завдяки цьому користувач зможе побачити конкретну ділянку мережі, що під'єднана до окремої будівлі. Дана система повинна:

- ідентифікувати обрану користувачем будівлю;
- вивести інформацію щодо вибраної будівлі;
- ідентифікувати обраний користувачем лічильник;
- вивести інформацію щодо обраного лічильника;
- надати можливість виділити окремі під'єднані мережі;

## 1.2 Вхідні дані

Геоінформаційна база даних розроблюваної системи моделювання управлінських процесів в інженерних мережах має містити інформацію про розташування будівель, лічильників, інженерних мереж, колодязів, розгалужень і т. д. з прив'язкою до географічних просторових координат. Із вказаного вище випливає, що вхідними даними для даної геоінформаційної бази даних є реальне положення цих об'єктів, що задокументоване у різних технічних картах, які було розглянуто на одному з етапів проектування.

Вхідними даними для розробленого додатку, що реалізує графічний інтерфейс користувача являються тими маніпуляціями, що користувач може робити за допомогою маніпулятора – «миші». Додаток зчитує координати місцезнаходження курсору у момент натиску лівої клавіші миші користувачем. Також відбувається перевірка, які саме перемикачі були активовані. Перемикачі відповідають за відображувані шари на карті, виділення необхідної мережі, та колір підкреслення, який користувач може вказати на власний розсуд. Усі обрані зміни відображуються одразу ж на карті.

Користувача не повинен водити жодних додаткових вхідних даних з клавіатури. Достатньо лише почати роботу з додатком до якого підключена розроблена база даних, обрати відповідні перемикачі для відображення необхідних даних на карті та користуватись розробленим додатком. Такий підхід робить роботу з системою доволі простою та не потребує спеціальних вмінь.

Завдяки невеликій кількості вхідної інформації, а також відсутності необхідності введення даних з клавіатури, розроблюваний додаток не повинен викликати дискомфорту у користувача під час його навчання та вже під час безпосереднього використання.

### **1.3 Компоненти системи**

У програмному продукті, який було розроблено в ході виконання даної дипломної роботи можна виділити наступні складові частини, що забезпечують роботу системи:

- геоінформаційна база даних;
- сервер;
- клієнтський додаток.

Розроблена геоінформаційна база даних, що розташована на сервері, надає необхідну інформацію для відображення на карті. Додаток надає зручний користувацький інтерфейс для роботи з картою та базою даних.

### **1.4 Потенційні користувачі**

Інформаційна система, яка була розроблена у ході виконання цієї бакалаврської дипломної роботи може бути використана працівниками НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», яким потрібно працювати з інформацією про будівлі, інженерні мережі та їх складові компоненти.

Додаток не потребує від потенційного користувача спеціальних вмінь володіння ЕОМ, тому може бути використана людиною, що має невеликий користування персональними комп'ютерами у повсякденному житті.

Необхідна для полегшення роботи спеціалістам енергоменеджементу НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

## **2 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖАХ**

Енергетичне моделювання – це діяльність направлена на побудову комп'ютерних моделей енергетичних систем з метою їх аналізу. Такі моделі нерідко застосовують аналіз для дослідження різних припущень щодо технічних та економічних умов. Результати можуть включати доцільність системи, забруднення атмосфери шкідливими викидами, сукупні економічні ризики, використання природних ресурсів та енергоефективність досліджуваної системи. Використовується велике різноманіття методик, починаючи від економічних до інженерних. Застосування математичної оптимізації часто дає можливість визначити найменшу вартість витрат. Моделі можуть бути міжнародними, регіональними, національними, муніципальними або окремими за обсягом. Уряди підтримують національні енергетичні моделі для розвитку енергетичної політики.

Енергетичні моделі, як правило, покликані різним чином сприяти роботі системи, інженерному проектуванню або розробці енергетичної політики.

Опубліковані дослідження щодо моделювання енергетичних систем були зосереджені на техніках, загальній класифікації, огляді, децентралізованому плануванні, методах моделювання, інтеграції відновлюваних джерел енергії, політиці енергоефективності, міжнародному розвитку.

Першою і найважливішою проблемою при моделюванні є структуризація даних та створення моделі майбутньої геоінформаційної бази даних. Необхідне чітке розуміння даних які були отримані з різних технічних, топографічних карт. З опрацьованих даних необхідно визначити ті за допомогою яких можна буде відображати лінії, полілінії, полігони тощо.

## 2.1 Геоінформаційна система

Для реалізації всіх задач енергетичного менеджменту виникає необхідність використання геоінформаційного моделювання.

Геоінформаційне моделювання – це високотехнологічний процес створення моделі місцевості певної території в середовищі геоінформаційних систем. Створена модель візуалізує кількісні та якісні параметри модельованої місцевості, відображає інтенсивність протікання процесів (наприклад геоморфологічних, гідрологічних, технологічних), дає об'єктивну оцінку стану об'єкта (міського середовища, окремих компонентів природного довкілля, господарської діяльності людини тощо). Зазвичай геоінформаційне моделювання виступає інструментом прийняття рішення при розробці рекомендації щодо оптимізації природокористування, містобудівної діяльності, зменшення деструктивних антропогенних впливів на довкілля, попередження виникнення техногенних інцидентів та розвитку небезпечних явищ і процесів[3].

Завдяки геоінформаційному моделюванню за умови введення до системи великої кількості достовірних і точних даних користувач може виявити глибинні системні зв'язки і тенденції, які недоступні для пізнання з використанням традиційних методів пізнання.

Геоінформаційне моделювання може забезпечити низку важливих аналітичних можливостей:

- аналіз місцеположення об'єктів;
- побудова моделей щільності явищ;
- пошук об'єктів всередині певної області;
- аналіз найближчого сусідства;
- моделювання змін;
- визначення просторових атрибутів об'єктів;
- розподіл об'єктів по категоріях;

- пошук та визначення закономірностей розподілу просторових та атрибутивних даних;
- тривимірна візуалізація кінцевих результатів[4].

### 2.1.1 Загальні принципи ГІС

ГІС використовує різноманітні дані про об'єкти, характеристики земної поверхні, інформацію про форми і зв'язки між об'єктами, різні описові відомості. Для того, щоб повністю відобразити геоінформаційні об'єкти реального світу і всі їх властивості, знадобилася б нескінченно велика база даних (БД). Тому, використовуючи прийоми генерації і абстракції, необхідно звести множину даних до кінцевого об'єму, який піддається легкому аналізу і управлінню. Це досягається використанням моделей, які зберігають основні властивості об'єктів дослідження і не містять другорядних властивостей. Тому першим етапом розробки ГІС або технології її використання є обґрунтування вибору моделей даних для створення інформаційної основи ГІС.

У наявних ГІС використовуються різні способи організації реальності за допомогою моделей даних. Кожна модель більш придатна для певних типів даних і областей використання, тому при необхідності розв'язання великого числа задач слід використовувати сукупність різних моделей. Моделі геооб'єктів, які використовуються в ГІС, чисельні і різноманітні, що обумовлюється різноманітністю даних і задач, які розв'язуються за допомогою ГІС.

У процесі функціонування ГІС вся сукупність вхідних даних - інформація про об'єкти, їх характеристики, формах зв'язку між об'єктами, різні описові відомості – перетворюється в єдину загальну модель (набір моделей), яка зберігається в БД. В сукупності ці дані утворюють різноманітні моделі об'єктів, які задають інформаційну основу БД і визначають методи обміну даними в процесі експлуатації ГІС. Інтегрована інформаційна основа БД не є просто сумою інформаційних моделей частин об'єкту. Вона, як правило, має менший об'єм фізичної пам'яті при збереженні інформаційної місткості в порівнянні з інформаційними моделями, її складовими,



хоча включає дані про зв'язки і додаткову службову інформацію. Цілісність, несуперечність і оптимальність цієї загальної моделі ГІС обумовлюється обґрунтованим вибором складових частин моделі.[2]

Моделі об'єктів (МО) ГІС, які зберігаються в БД, складаються з більш простих частин, які прийнято називати моделями даних (МД) (Рисунок 2.1)

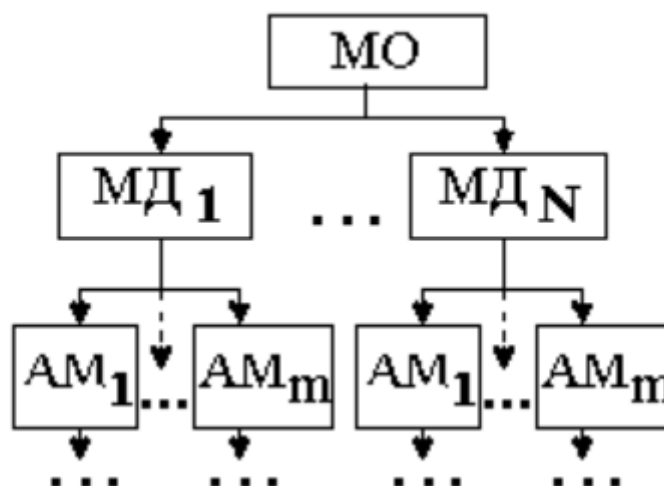


Рисунок 2.1 — Структура моделі об'єкту

### 2.1.2 Структура ГБД

Географічна інформаційна система має зберігати передовсім базові дані та дані, специфічні для конкретної ГІС. Усі дані зберігаються у базах даних, що можливо умовно розділити на такі типи:

- а) база геоданих – це просторова база даних, що містить набори даних, які відображають географічну інформацію у контексті загальної моделі даних ГІС. До цих даних слід віднести векторні об'єкти, векторні зображення, растри, топологію, мережі, тривимірні об'єкти, а також усі об'єкти, що входять до складу тематичних шарів і є однією зі складових моделі даних;
- б) база геовізуалізації – це набір інтелектуальних карт й інших видів, які показують просторові об'єкти та функціональну взаємодію між об'єктами на земній поверхні. У цій базі можуть бути побудовані різні види карт і можуть використовуватися як "вікна в базу даних" для підтримки запитів, аналізу та

редагування інформації;

- с) тип геообробки ГІС – це набір інструментів для одержання нових наборів географічних даних з наявних наборів даних. Функції просторових даних отримують інформацію з наборів даних, застосовують до них аналітичні функції і записують одержані результати в нові похідні набори даних. Прикладом може бути специфічний тематичний шар, для створення якого було відібрано дані інших тематичних шарів.

Якщо розглянути сучасні, уже створені ГІС, то, для прикладу, в програмному забезпеченні ESRI® ArcGIS® ці три види ГІС представлені каталогом (ГІС як колекція наборів геоданих), картою (ГІС як інтелектуальний картографічний вид) і набором інструментів (ГІС як набір інструментів для обробки просторових даних). Всі вони є невід'ємними складовими повноцінної ГІС і більшою чи меншою мірою використовуються у всіх ГІС-додатках.

Якщо комплексно розглядати ГІС як одне ціле, то це особливий тип бази даних про навколишній світ – географічна база даних (база геоданих), основою якої є структурована база даних, яка описує світ у географічному, економічному та інших аспектах.

Створюючи дизайн бази геоданих ГІС, визначають, як відображатимуться різні просторові об'єкти. Наприклад, земельні ділянки зазвичай представляються як полігони, вулиці – як центральні лінії, свердловини – як точки тощо. Ці об'єкти групують у класи об'єктів, в яких кожен набір має єдине географічне відображення.

Кожен набір даних ГІС дає просторове уявлення якогось аспекту навколишнього світу, включаючи:

- впорядковані набори векторних об'єктів (набори точок, ліній та полігонів);
- набори растрових даних, такі як цифрові моделі рельєфу або зображення;
- просторові мережі;
- топографія місцевості та інші поверхні;
- набори даних геодезичного знімання;

- інші типи даних, такі як адреси, назви місць, картографічна інформація та будь-яка інша інформація, необхідна для певного тематичного шару.

Крім географічних уявлень, набори даних ГІС містить традиційні табличні атрибути, що описують географічні об'єкти. Багато таблиць можуть бути пов'язані з географічними об'єктами по загальних полях (їх зазвичай називають ключовими). Подібні табличні набори інформації (Рисунок 2.2) та відношення (взаємозв'язки) відіграють ключову роль у моделях даних ГІС, аналогічну тій, яку вони виконують у традиційних, при положеннях, що працюють з базами даних. Розглянемо приклад простої структури даних про територію і власників.[5]



Рисунок 2.2 — Приклад зв'язку між територіальною одиницею та власником

### 2.1.3 Данні в ГІС

Зазвичай усі дані розмежовані та утворюють свого роду рівні. Загалом усі рівні представлення даних утворюють ієрархію, яку можна класифікувати та виділити як окремі частини ГІС, що зображено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 — Спосіб організації даних у ГІС

Модель даних, у нашому випадку є загальною концепцією організації даних у геоінформаційній системі, які являють собою створені та готові до відображення та перетворення на результат дані. До таких даних можна віднести: тематичні шари, окремі об'єкти візуалізації, полігони, статистичні дані, а також будь-який об'єкт із

тематичних шарів ГІС.

Рівень зв'язку даних є проміжним рівнем між сховищем і моделлю даних, відповідно і призначений для зв'язку. Зазвичай це матриці перетворення, векторні дані, посилання, списки та інші специфічні для кожної з ГІС способи структурування даних.

Структури даних – це найнижчий рівень, який максимально деталізує модель даних, та уможлиблює нормалізацію даних. До цього рівня слід віднести структури файлів, баз даних та типи даних.

Елемент кожної моделі даних повинен містити ідентифікатори, атрибути, прив'язку до просторово-часових моделей даних, а також функції перетворення та обробки даних.

Кожний об'єкт має містити власні атрибути, у яких визначаються базові властивості (наприклад: площа, об'єм, маса, швидкість тощо). Оскільки кожний об'єкт може бути як окремим елементом одного із тематичних шарів, так і конкретним шаром, то потрібна чітка прив'язка до простору та часу. Для моделювання складної ГІС недостатньо мати інформацію лише про структуру та позицію об'єкта [6]. Інколи може постати гостра проблема визначення реакції груп об'єктів на певні штучно зсимульовані ситуації. Для цього слід використовувати вбудовані методи поведінки об'єктів, що для кожного із багатьох є специфічними.

## **2.2 Особливості геоінформаційного моделювання**

Геоінформаційне моделювання – інтегративна теорія, яка на новій методологічній основі об'єднує вже відомі методи проектування, укладання, використання та аналізу геоінформаційних моделей для дослідження об'єктів реального світу за допомогою системи упорядкування і трансформації інформації про ці об'єкти.

Геоінформаційне моделювання можна визначити як моделювання просторових об'єктів, взаємопов'язаних з атрибутивними даними (базами даних) за допомогою

математичних методів і програмних засобів ГІС. На відміну від теоретичних методів моделювання, геоінформаційне моделювання є високотехнологічним процесом (за рахунок взаємодії з об'єктами бази даних) і виступає інструментом, який забезпечує збір, збереження, обробку, доступ, відображення та розповсюдження просторово-координованих даних. Є засобом інтелектуальної обробки та відображення просторової інформації для одержання нових знань.

Основу ГІМ як спеціальної технології становлять перетворення, що базуються на теоретико-множинних відношеннях, законах формальної логіки, алгоритмах обробки зображень, технологіях роботи з комп'ютерною графікою, технологіях системи управління базами даних тощо.

Предметну область ГІМ подано на рисунку 2.4.[7]

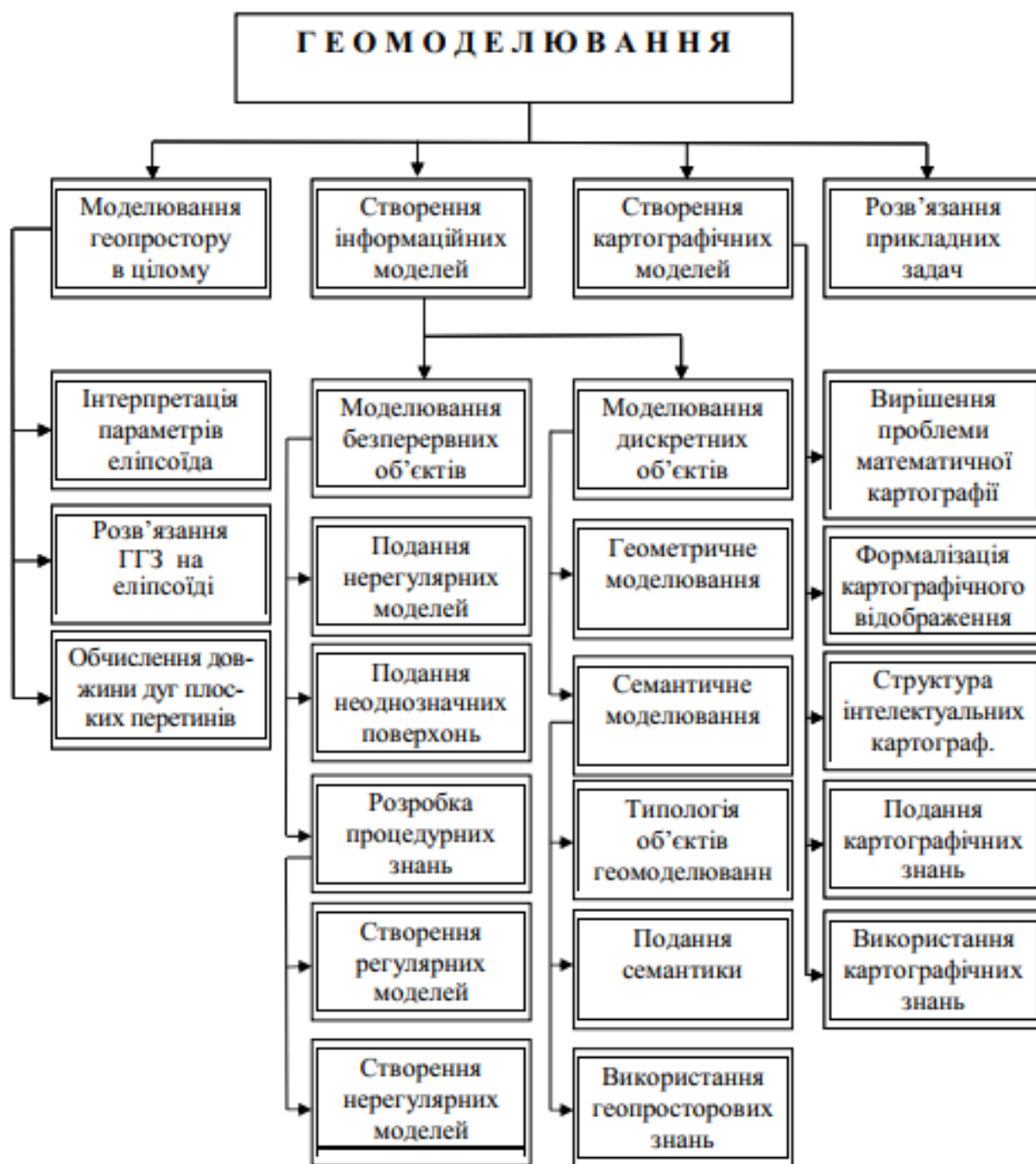


Рисунок 2.4 — Предметна область геомodelювання

### 2.2.1 Базові категорії геомodelювання

Основою ГІМ як спеціалізованого ГІТ є перетворення, засновані на законах формальної логіки та теоретико-множинні відносини. Основними поняттями та основними категоріями ГІМ є об'єкт та методи ГІМ.

Серед систем, що працюють з просторово-локалізованими даними найбільш

відомими є статистичні інформаційні системи.

Об'єктами ГІМ є природні та суспільно-економічні геосистеми, їх геокомпонентні утворення й елементи. Об'єкт ГІМ визначається його трьома головними визначеностями, а саме сутнісними, просторовими та часовими [8].

Сутнісна визначеність включає характеристику різних утворень (об'єкти, їх групи, поєднання, таксони), процесів (руху, розвитку, функціонування, поширення), їх субстанційних властивостей та відношень (розміщення, щільність, концентрація, вплив, взаємодія, зв'язки, ієрархія, суміжність, залежність, відповідність, відстань, тяжіння, сумісність, пропорційність). Картографічна модель відтворює сутність об'єкта, його якісну, кількісну та структурну визначеність. Об'єкти можуть належати до явищ, які не мають зорovo спостережуваних форм існування, виявлятися в дискретній і безперервній формі, в детермінованих та ймовірнісних реалізаціях.

Якісна визначеність може бути відображена як в абсолютних, так і відносних показниках, як в статиці, так і в динаміці, в широкому діапазоні просторових і часових масштабів [9].

Просторова визначеність – це перетворення просторово-узгодженої інформації в дискретний та безперервний вигляд.

Усі системи, що підлягають геоінформаційному моделюванню, є просторовими, але мають одночасно різні форми існування: лінійні (межі, системи зв'язку та канали комунікації), площинні (системи землекористування, райони, зони, тощо), тривимірні (системи циркуляції води, атмосфера тощо). Предметний простір може бути або двовимірним (плоскі карти), або тривимірним, карти поверхні та стереоскопічні карти).

Усі геовиміри існують у графічному середовищі, тому їх найважливішим параметром є шкала, яка визначає ступінь скорочення відносно поверхні наземного еліпсоїда. Можливе управління масштабом, розширити або звузити просторове покриття.

Просторовий масштаб геообразу є функцією його призначення, технічні засоби зйомки, надання фактичного матеріалу і, однозначно, він сам визначає найсуттєвіші

властивості такого зображення. Від масштабу залежить просторове покриття та зміст геозображення, його деталізація та геометрична точність.

Часова визначеність – це відображення об'єктів у статиці, динаміка, ретроспектива, у їх поточному стані та прогнозі. Елементи часової прив'язки – дати, часові діапазони, епохи, періоди, епохи подій тощо відповідні об'єкти, явища та процеси, часовий масштаб і час дозвіл [9].

Завдання ГІМ – моделювати наявність, зміст, стан, динаміку та функціонування різних рангових геосистем за допомогою ГІТ. Можна моделювати склад та зміст системи (статична модель), рух та розвиток (динамічна модель), функціонування (функціональна модель).

### **2.2.2 Класифікація геоінформаційного моделювання**

За методологічним критерієм виділяють декілька видів ГІМ, яке реалізується як у векторних, так і в растрових ГІС, а саме:

1) геогрупування – побудова просторово-часової динамічної моделі шляхом об'єднання сукупностей геооб'єктів у більш великі. Тут використовуються аналітичні залежності і фізичні моделі. Апарат достатньо добре формалізований, тому більша частина процесів може бути автоматизована;

2) буферизація – процедура побудови буферних зон для різних типів об'єктів. Апарат – побудова обвідної на заданій відстані від межі об'єктів, а потім об'єднання і видалення перекриттів. Ця процедура також є формальною, тому може виконуватись автоматично;

3) генералізація – узагальнення графічних об'єктів і зміна їх відображення при зміні масштабу. Методологічний апарат дуже розмаїтий. Повна формалізація практично неможлива: занадто багато чинників, які потрібно враховувати;

4) комбінування – композиція і декомпозиція геооб'єктів на основі відношень між ними. Якщо геогрупування використовується головним чином при роботі з растровими моделями, то комбінування – це методологія для векторних ГІС. Найпростішим прикладом комбінування є одна з операцій редагування полігонів.



Комбінування – це, головним чином, методологія прикладного геоінформаційного аналізу (певна просторова вибірка за заданими критеріями). Наприклад, розв’язок транспортних задач здійснюється головним чином за допомогою процедур комбінування. Більшість задач цього типу можуть бути розв’язані методами дискретного аналізу, зокрема, методами теорії графів;

5) геокодування – процедура позиціонування (координатна прив’язка) табличних даних. У загальному випадку задача є відносно простою і відноситься до теорії реляційних баз даних;

6) узагальнення даних – процедура створення атрибутів нових об’єктів на основі відношень між вихідними. Процедура узагальнення часто включає топологічний аналіз графічних об’єктів, однак загалом вона достатньо добре формалізується. Може бути інтерактивною, проте може бути й суто аналітичною. Наприклад, на основі певних значень показників А, В, С розраховується показник D, потім виконується групування об’єктів за цим показником. Саме таким чином відбувається побудова карти рослинного покриву за складом рослинності в межах певного контуру. Тут переважно використовується апарат дискретного аналізу і теорії баз даних;

7) побудова тематичних карт на основі аналізу та обробки атрибутивних даних. Ця методологія лежить в основі створення легенд. Класифікація здійснюється за одним атрибутом. Якщо потрібна класифікація об’єктів за декількома атрибутами, то використовується кореляційний і факторний аналіз. Врешті-решт, це все методологія розпізнавання, що ґрунтується на багатомірній кластеризації. Однак такий підхід найчастіше використовується при створенні так званих синтетичних карт<sup>3</sup>. У багатьох випадках новий показник просто розраховується за заданими формулами;

8) ректифікація даних<sup>4</sup>. Коли при цьому також ставиться і розв’язується завдання максимально можливого усунення спотворень, зумовлених рельєфом місцевості, то таке ректифікування називають орторектифікуванням;

9) проведення автоматичної класифікації ознак геооб’єктів (включаючи растрові) за заданими критеріями.[8]

## 2.3 Інженерні мережі

Інженерна інфраструктура сучасних міст являє собою досить складну ієрархічну систему, створення якої передбачає структурування процесу проектування на окремі підсистеми з урахуванням перспективи їх розвитку і реконструкції. При проектуванні комунікацій повинні враховуватися технічні можливості і економічна доцільність їх побудови на відповідному місці, від яких залежить ефективність функціонування ймовірної комунікації. У зв'язку з цим актуальним є створення спеціалізованих геоінформаційних систем, що дозволяють оцінити проектну вартість комунікацій до початку будівельно-монтажних робіт і врахувати просторове розташування різних інженерних мереж, їх багаторівневості і взаємодія.

Міська інженерна інфраструктура – це складна система, що складається з систем водо, тепло і газопостачання, каналізації, транспорту і доріг, електропостачання, електрозв'язку та т. д. Іншими словами, основу інженерної інфраструктури становить інженерно-енергетичний комплекс, що забезпечує теплом, водою, електроенергією і зв'язком житлові і громадські будівлі. Для організації та управління територіально розподіленими інженерними мережами різного призначення активно застосовуються геоінформаційні системи (ГІС) [8], що дозволяють повністю або частково автоматизувати різні види робіт.

Аналіз літературних джерел показує, що ГІС грає ключову роль в різних областях науки, таких як оптимізація міських телекомунікаційних і транспортних мереж, модернізація систем електро- та газопостачання, створення єдиної карти інженерних мереж міста, розміщення технічних об'єктів на заданій території та інших. При цьому ціна помилки при застосуванні ГІС на етапі проектування досить висока. Наприклад, при будівництві і створенні інженерних комунікацій незначне відхилення в розрахунках може привести до серйозних наслідків – до збільшення витрат на реалізацію проекту, зниження рівня безпеки для користувачів проєктованих об'єктів. З іншого боку, в умовах дефіциту вільних територій в сучасних містах

інженерна інфраструктура, що має мережеву структуру, може бути використана як самостійно, так і в якості підоснови для накладення інших систем. Так, наприклад, опори мереж повітряних ліній електропередач зазвичай використовуються і для прокладки мереж електрозв'язку. Таким чином, актуальним є створення спеціалізованих ГІС, що дозволяють проектувальнику або користувачеві при організації та управлінні мережевої інфраструктури міст враховувати багаторівневу структуру, утворену накладеними мережами. У даній роботі в якості математичної основи для створення таких систем пропонується використовувати гіпермережевий підхід, що дозволить на етапі проектування організувати оптимальне просторове розміщення інженерних мереж різного призначення з урахуванням багаторівневості процесу їх побудови.[10]

### **2.3.1 Математичне забезпечення**

В даний час проблема оптимального проектування складних територіально розподілених систем міської інженерної інфраструктури є однією з найактуальніших в будівельній галузі. Дана проблема включає постановку, формалізацію і типізацію проектних рішень, процедур і процесів проектування в інтегрованій технології ГІС і САПР (систем автоматизованого проектування) .

Важливим аспектом у створенні інтегрованої технології ГІС і САПР, що спирається на загальну математичну і інформаційну основу, є їх універсальність. Однак в даний час створення універсальних інтегрованих ГІС і САПР утруднено, так як спеціалізовані програми моделювання та розрахунку є недостатньо відкритими і їх інтеграція на основі сучасних принципів і технологій неможлива [11]. З іншого боку, для створення такої технології потрібно досить універсальний математичний апарат, який дозволить на етапі проектування врахувати просторове розташування різних інженерних мереж, їх багаторівневості і взаємодія.

Відомо, що в якості математичної основи створення ГІС та САПР використовуються цифрові моделі місцевості (ЦММ) [12]. Найбільш поширеним методом побудови ЦММ є перехід до дискретного аналогу місцевості на основі

сіткового технології. Далі на основі існуючих методів оптимізації знаходяться шляхи на сітці карти для оптимального просторового розміщення інженерних мереж різного призначення.

Для вирішення проектних завдань з організації та управління інженерними мережами різного призначення в основному використовуються методи теорії графів [13]. При цьому результати проектування на одному з рівнів не застосовуються в якості вихідних даних для подальших рівнів. Таким чином, в процесі проектування не враховуються взаємозв'язку і взаємозалежності між рівнями.[14]

Для вирішення проектних завдань по організації і управління інженерними мережами різного призначення в основному використовуються методи теорії графів. При цьому результати проектування на одному з рівнів не застосовуються в якості вихідних даних для подальших рівнів. Таким чином, в процесі проектування невраховуваних взаємозв'язку і взаємозалежності між рівнями. Іншими словами, графи використовуються для кожного з рівнів окремо. В результаті передбачуваний варіант конфігурації проектованої мережі може не бути оптимальним, а в ряді випадків при експлуатації може привести до нестабільної роботи проектованої мережі.

Поняття «гіпермержа» вперше було введено в роботі [14] в якості математичної моделі для опису складних мережевих структур, в першу чергу мереж зв'язку. Гіпермережі, в тому числі ієрархічні, нестаціонарні і структуровані, на відміну від графів, описують системи, що мають більше двох утворюють множин з урахуванням реалізації однієї структури в іншу. Гіпермережі застосовуються для оптимізації процесу проектування мережевої інфраструктури сучасних міст, що має багаторівневу структуру. Слід зазначити, що застосування моделі гіпермережі в якості альтернативи існуючим методам і технологіям створення ГІС розширює функціональну можливість проєктованих ГІС за рахунок використання можливостей гіпермережевого підходу для аналізу та організації багаторівневих систем.[15]

### 2.3.2 Використання ГІС в інженерних мережах

Інженерна мережа — основний компонент, з яким працюють користувачі при ГІС в сфері інженерних мереж виконують функції проектування, інвентаризації, моделювання, а також інформаційної підтримки експертних оцінок і прийняття рішень. Вони також використовуються для експлуатації інженерних мереж, є інформаційно-довідковими системами. Основні особливості ГІС такого класу:

- Наявність моделі мережі з імітацією стану елементів і ділянок мережі;
- Наявність геометричного уявлення мережі на плані або карті з розмірними прив'язками, придатне для креслярського уявлення і завдань узгодження;
- Наявність атрибутивного опису технічних параметрів елементів мережі;
- Опис руху (життєвого циклу) мережі та її елементів;
- Наявність коштів документообігу.

Крім переваг, притаманних усім автоматизованим систем, таких як електронне подання даних підприємства, централізоване зберігання інформації, робота з багатьма користувачами, складання звітів, ГІС в інженерних мережах дає:

- Подання інженерної мережі у вигляді моделі, що дозволяє аналізувати її методами теорії графів. А коли відома топологія мережі і проведені всі топологічні розрахунки, стає можливим проводити вже технологічні розрахунки, такі, як розрахунок тиску в трубопроводі або струму короткого замикання, що є, по суті, основною можливістю ГІС в інженерних мережах і відрізняє їх від ГІС інших призначень. По суті ГІС тут - швидше одна з важливих складових частин масштабної системи експлуатації на підприємстві.
- Прив'язка до реальної географії - відображення точної топології мережі на плані міста / місцевості. У той же час, хоч і корисно, але не завжди обов'язково і доцільно дотримуватися точність в завданні геодезичних координат, оскільки для деяких випадків вона не важлива, а детальне

промальовування мережі може сильно уповільнити етап розрахунків. Наприклад, повороти і вигини провідників в електричній мережі не впливають на силу протікає в них струму. В теплової мережі, навпаки, наявність вигинів задає гідравлічний опір мережі, але його можна врахувати простим завданням параметра.

- Модель реальної мережі можна узагальнити. Наприклад, можна уявити кілька паралельно йдуть проводів (трифазної електричної мережі) однією лінією з заданими певним чином атрибутами. На результатах розрахунку це ніяк не позначиться, але зате дозволить істотно підвищити швидкість введення даних. Можна так само узагальнювати деякі ділянки мережі і проводити розрахунки для них як для єдиного цілого.
- Робота в таких ГІС може істотно полегшити задачу введення параметрів інженерної мережі, за рахунок того, що вибір необхідних об'єктів відбувається графічно, а не тільки з таблиць БД. Дуже зручно виділяти потрібні ділянки мережі і для всіх відразу ставити однакові значення параметрів (якщо це потрібно), особливо якщо таких ділянок велика кількість.
- Графічне вказівку помилок, отриманих в результаті розрахунків або при введенні атрибутивної інформації, полегшує знаходження «проблемного місця» в мережі. Наприклад, можна просто підсвітити певним кольором таку ділянку. Так само, спільне графічне відображення вихідних даних і результатів розрахунків підвищує наочність моделі.технічних

## 2.4 Висновки

Географічні інформаційні системи пропонують широкий діапазон, можливостей та функцій для роботи з даним. Це дозволяє використовувати їх у різних областях, і це простий інструмент для локалізації інформації.

Інструменти ГІС дозволяють моделювати нормальну поведінку різних місць у

певних прогалинах, стихійних лихах, які дозволяють передбачити результати та необхідні сили, або розробити план надзвичайних ситуацій.

## 3 ЗАСОБИ РОЗРОБКИ

Розробка програмного продукту складалася з декількох частин:

- розробка геоінформаційної бази даних;
- створення цифрової карти;
- перенесення БД на сервер;
- розробка клієнтського додатку.

### 3.1 Опис ArcGIS Desktop

Для створення цифрової карти шарів і таблиць геоінформаційної бази даних було прийнято рішення використовувати ArcGIS Desktop.

ArcGIS – це географічна інформаційна система (GIS) для роботи з картами та географічною інформацією, що підтримується Науково-дослідним інститутом екологічних систем (Esri). Він використовується для створення та використання карт, складання географічних даних, аналізу картографічної інформації, обміну та виявлення географічної інформації, використання карт та географічної інформації у ряді програм та управління географічною інформацією в базі даних.

ArcGIS складається з наступного програмного забезпечення для настільних ПК Windows:

- ArcReader, який дозволяє переглядати та запитувати карти, створені разом з іншими продуктами ArcGIS;
- ArcGIS Desktop (його часто називають "ArcMap", щоб відрізнити його від ArcGIS Pro), що складається з чотирьох основних програм:
  - ArcMap для перегляду та редагування просторових даних у двох



- вимірах та створення двовимірних карт;
- ArcScene, для перегляду та редагування тривимірних просторових даних у локальному проектованому вигляді;
- ArcGlobe, для відображення великих, глобальних наборів даних 3D;
- ArcCatalog, для задач управління ГІС та маніпуляцій.

Система забезпечує інфраструктуру для надання карт та географічної інформації, доступних для організації, у спільноті та відкрито в Інтернеті

ArcGIS є комплексною системою, яка дозволяє збирати, організовувати, керувати, аналізувати, обмінюватися і розподіляти географічну інформацію. Будучи світовим лідером серед платформ для побудови і використання геоінформаційних систем (ГІС), ArcGIS використовується людьми по всьому світу для застосування географічних знань у практичній сфері державного управління, бізнесу, науки, освіти та ЗМІ. Платформа ArcGIS дозволяє публікувати географічну інформацію для доступу і використання будь-якими користувачами. Система доступна в будь-якій точці, де можливе використання веб-браузерів, мобільних пристроїв у вигляді смартфонів, а також настільних комп'ютерів.

ArcGIS for Desktop – це платформа, яка використовується для управління робочими процесами і проектами ГІС, для побудови карт, моделей і додатків. Крім того, вона є відправною точкою і базовим фундаментом для розгортання ГІС в організаціях і в веб-середовищі. Вона використовується для публікації та обміну географічною інформацією з іншими користувачами. Користувачі версії Desktop можуть:

- Обмінюватися інформацією з іншими професійними користувачами настільної версії шляхом забезпечення доступу до пакетів карт і інших ГВС-пакетам.
- Обмінюватися з іншими користувачами інформацією за допомогою мобільних, інтернет і призначених для користувача систем шляхом публікації карт і відповідної географічних інформаційних сервісів з використанням ArcGIS for Server і ArcGIS Online.

ArcGIS побудований навколо бази даних геоданих, яка використовує об'єктно-реляційний підхід до бази даних для зберігання просторових даних. База даних геоданих - це "контейнер" для зберігання наборів даних, пов'язуючи між собою просторові функції з атрибутами. База даних геоданих може також містити інформацію про топологію та може моделювати поведінку особливостей, таких як перехрестя доріг, з правилами відношення особливостей одна до одної. Працюючи з базами геоданих, важливо розуміти класи функцій, які представляють собою набір функцій, представлений точками, лініями або багатокутниками. За допомогою форм-файлів кожен файл може обробляти лише один тип функції. База даних геоданих може зберігати кілька класів функцій або тип функцій в одному файлі.

Бази геоданих в ArcGIS можуть зберігатися трьома різними способами - як "файлова база даних геоданих", "особиста база даних геоданих" або "корпоративна база даних геоданих" (раніше відома як SDE або ArcSDE геодана база даних). Введений у 9.2, файл geodatabase зберігає інформацію у папці з іменем .gdb. Внутрішність зовні схожа на покриття, але насправді не є покриттям. Подібно до особистої бази геоданих, файл geodatabase підтримує лише один редактор. Однак, на відміну від персональної бази даних, обмеження розмірів практично не існує. За замовчуванням жодна окрема таблиця не може перевищувати 1 ТБ, але це можна змінити. Особисті бази даних зберігають дані у файлах Microsoft Access, використовуючи поле BLOB для зберігання геометричних даних. Бібліотека OGR здатна обробляти цей тип файлу, конвертувати його в інші формати файлів. Завдання адміністрування баз даних для персональних баз даних, таких як управління користувачами та створення резервних копій, можна виконувати за допомогою ArcCatalog та ArcGIS Pro. Особисті бази даних геоданих, які базуються на Microsoft Access, працюють лише в Microsoft Windows і мають обмеження розміру 2 гігабайти. Бази геоданих Enterprise (багатокористувацькі) базуються на висококласних СУБД, таких як PostgreSQL, Oracle, Microsoft SQL Server, DB2 та Informix для управління аспектами управління базами даних, тоді як ArcGIS займається управлінням просторовими даними. Бази даних геоданих на рівні підприємства підтримують

реплікацію бази даних, версію версій та управління транзакціями, а також сумісні між платформами, здатні працювати на Linux, Windows та Solaris.

ArcGIS Desktop складається з декількох інтегрованих програм, включаючи ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene, ArcGlobe та ArcGIS Pro. ArcCatalog - це програма управління даними, яка використовується для перегляду наборів даних та файлів на комп'ютері, базі даних чи інших джерелах. Окрім того, що показує, які дані доступні, ArcCatalog також дозволяє користувачам переглядати дані на карті. ArcCatalog також надає можливість перегляду та керування метаданими для просторових наборів даних. ArcMap - це програма, яка використовується для перегляду, редагування та запиту геопросторових даних та створення карт. Інтерфейс ArcMap має два основні розділи, включаючи вміст зліва та рамки даних, які відображають карту. Елементи змісту відповідають шарам на карті. ArcToolbox містить інструменти для геообробки, перетворення даних та аналізу, а також значну частину функцій в ArcInfo. Також можливо використовувати пакетну обробку за допомогою ArcToolbox для часто повторюваних завдань. ArcScene - це програма, яка дозволяє користувачеві переглядати свої дані ГІС у 3-D та доступна з ліцензією 3D Analyst. У властивостях шару ArcScene є функція Екструзія, яка дозволяє користувачеві перебільшувати особливості три розмірності. ArcGlobe - це ще одне з програм 3D-візуалізації ArcGIS, доступних з ліцензією 3D Analyst. ArcGlobe - це програма для 3D-візуалізації, яка дозволяє переглядати велику кількість даних ГІС на поверхні земної кулі. Додаток ArcGIS Pro було додано на ArcGIS Desktop у 2015 лютому. Він мав комбіновані можливості інших інтегрованих додатків і був побудований як повністю 64-бітний програмний додаток. ArcGIS Pro має сценарії ArcPy Python для програмування баз даних.

У ArcGIS Desktop можна додати ряд розширень програмного забезпечення, які забезпечують додаткову функціональність, включаючи 3D Analyst, Spatial Analyst, Network Analyst, Survey Analyst, Tracking Analyst та Geostatistic Analyst. Розширене маркування карт доступне з розширенням Maplex, як доповнення до ArcView та ArcEditor і постачається разом з ArcInfo. Численні розширення також були розроблені

третіми сторонами, такими як перевірка орфографії MapSpeller, ST-Links PgMap XTools та MAP2PDF для створення georeferenced pdfs (GeoPDF), аналіз зображення ERDAS та стереоаналітик для ArcGIS та ISM's PurVIEW, який перетворює Arc - настільні комп'ютери в точні стереопрограмні вікна для роботи з геореференційними стереоскопічними моделями зображень для точного редагування баз даних, прямого редагування або оцифрування функцій.

ArcGIS Engine - це програмний механізм ArcGIS, продукт розробника для створення спеціальних настільних додатків GIS.

ArcGIS Engine надає інтерфейси прикладного програмування (API) для COM, .NET, Java та C ++ для платформ Windows, Linux та Solaris. API включає документацію та низку високоякісних візуальних компонентів для полегшення побудови програм ArcGIS.

ArcGIS Engine включає в себе основний набір компонентів ArcObjects, з яких побудовані продукти ArcGIS Desktop. Завдяки ArcGIS Engine можна створювати автономні програми або розширювати існуючі додатки як для користувачів ГІС, так і для не-GIS. Розподіл ArcGIS Engine додатково включає утиліти, зразки та документацію.

Потрібна одна ліцензія на виконання ArcGIS Engine або ArcGIS Desktop на один комп'ютер.[16]

На рисунку 3.1 показано інтерфейс ArcGIS Desktop.

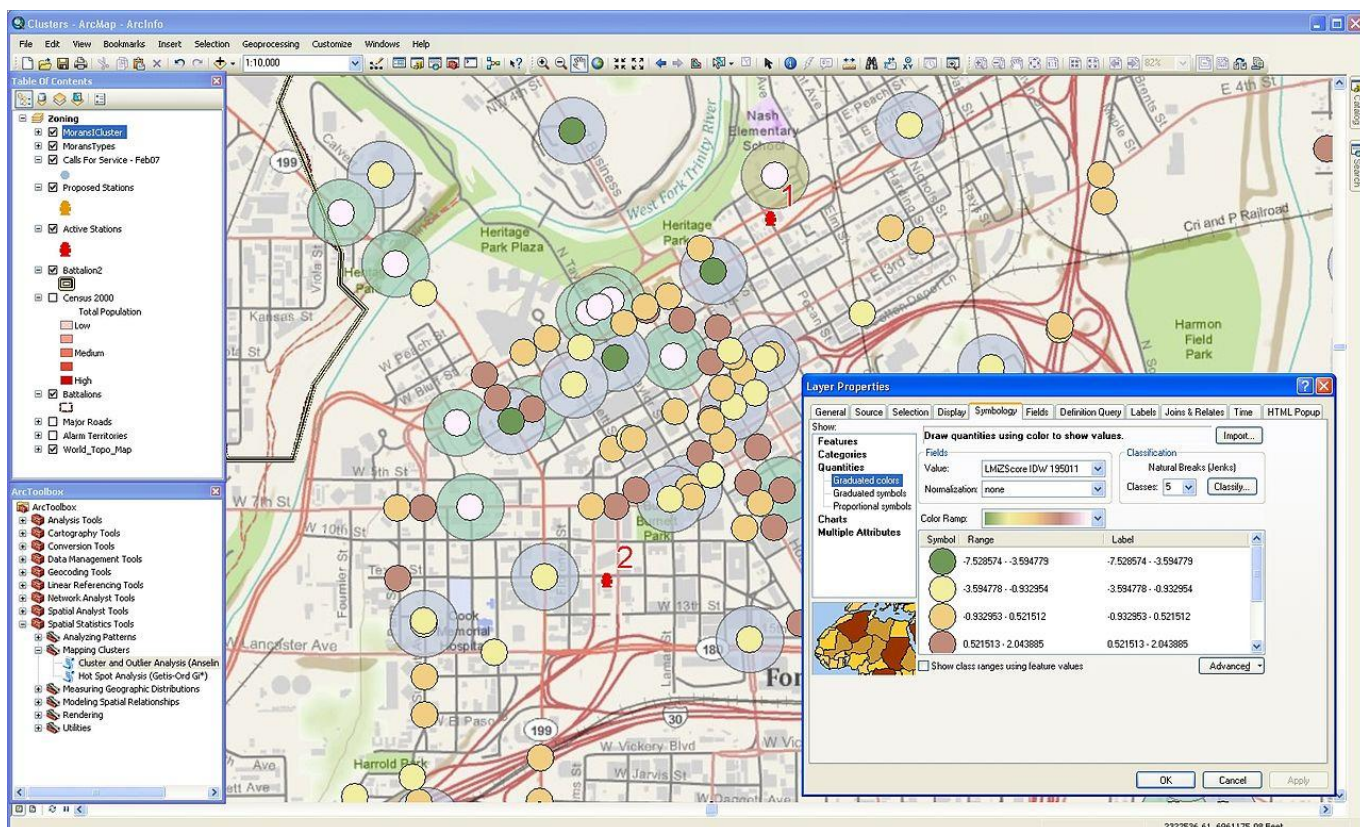


Рисунок 3.1 — Інтерфейс ArcGIS Desktop

### 3.2 Опис ArcGIS Online

Для зберігання і роботи з геоінформаційною базою даних було використано хмарний веб-сервіс ArcGIS Online.

ArcGIS Online - ключовий компонент і невід'ємна частина системи ArcGIS Esri. Це система управління вмістом, що складається з додатків та шаблонів для створення інтерактивних карт. Користувачі ArcGIS Online можуть ділитися картами в організації чи світі за допомогою готових до використання інструментів, доступних для Інтернету, смартфонів та планшетів. Дані, доставлені у вигляді карт та інформаційних каналів, доступні іншим веб-розробникам та аналітикам ГІС, які можуть ділитися її вмістом через ту саму систему. ArcGIS Online в основному використовується професіоналами ГІС для публікації інформації в Інтернеті – включаючи географічну інформацію, картографію, аналітику та робочі процеси.

ArcGIS Online надає місце для розміщення в мережі карт з відповідною

графічною інформацією, а також обміну нею з користувачами. Це система управління географічною інформацією, що дозволяє обмінюватися вмістом бази даних, а також розміщувати його в ГІС додатках і на веб-сайтах кінцевих користувачів. Користувачі підключаються до даних карт і додатків для використання розміщеного вмісту, яким можна керувати в хмарі ArcGIS Online, а також в локальних системах.

Інформаційні продукти ArcGIS Online можуть використовуватися для безлічі типів додатків - інтернет, мобільних, додатків Windows і т. д (Рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 — Кросплатформенність ArcGIS Online

Користувачі можуть використовувати ArcGIS Online для розширення можливостей ArcGIS для робочого столу, ArcGIS для сервера, додатків ArcGIS та API ArcGIS та SDK для виконання. Користувачі також можуть додавати багато типів карт, шарів, додатків, інструментів та файлів до ArcGIS Online.

Можна додавати шейп-файли, електронні таблиці, файли KML, сервіси OGC WMS и WMTS, кешовані картографічні сервіси, файли GeoRSS и GPS, а також легко комбінувати дані та карти, надані іншими користувачами. Esri регулярно оновлює галерею базових карт за допомогою ресурсів комерційних постачальників даних з усього світу.

На основі даних організації легко створити веб-сервіси, щоб будуть доступними для усіх співробітників організації. Публікація даних в захищеному хмарному

середовищі Esri у вигляді кешованих або динамічних сервісів відповідає всім сучасним стандартам захисту інформації із збереженням авторських прав. Організація за бажанням може надати доступ до різних даних лише співробітникам організації, або робити їх загальнодоступними.

Дані з різних джерел можна перетворити в інформативні інтерактивні карти. Організація може використовувати не тільки власні дані, але й дані сторонніх організацій, до яких має доступ. Можна налаштовувати зовнішній вигляд карт, додавати умовні позначення та спливаючі вікна, що містять графіки, фото- та відеоматеріали, гіперпосилання, щоб зробити карту ще більш інформативною і зручною в роботі.

ArcGIS Online забезпечує весь доступ до опублікованої інформації. Ідентифікація користувача встановлюється за допомогою процесу входу в систему, і коли користувачі діляться картами в Інтернеті, інформація захищена різними рівнями захисту. Розміщені веб-шари захищені на основі моделі обміну ArcGIS Online. За замовчуванням розміщений веб-шар є приватним, коли він вперше публікується і доступний лише видавцю. Тільки коли користувач обмінюється інформацією з групою людей, використовуючи стандартні діалогові вікна спільного доступу, розміщений веб-шар доступний групі.

Кожен може стати членом ArcGIS Online:

- Неспеціалісти за допомогою картографування- самообслуговування;
- Веб-розробники, які поєднують географічний вміст та інструменти для створення сторінок і додатків із даними;
- Люди без ГІС-програмного забезпечення або навчання;
- Спеціалісти з географічної інформації для обміну детальними даними, моделі аналізу та торговельних апаратів / робочих процесів один з одним, а також із широкою спільнотою;
- Системні архітектори та розробники, яким потрібно інтегрувати картографічну та географічну функціональність як частину рішення.

На рисунку 3.3 показано інтерфейс ArcGIS Online.[17]



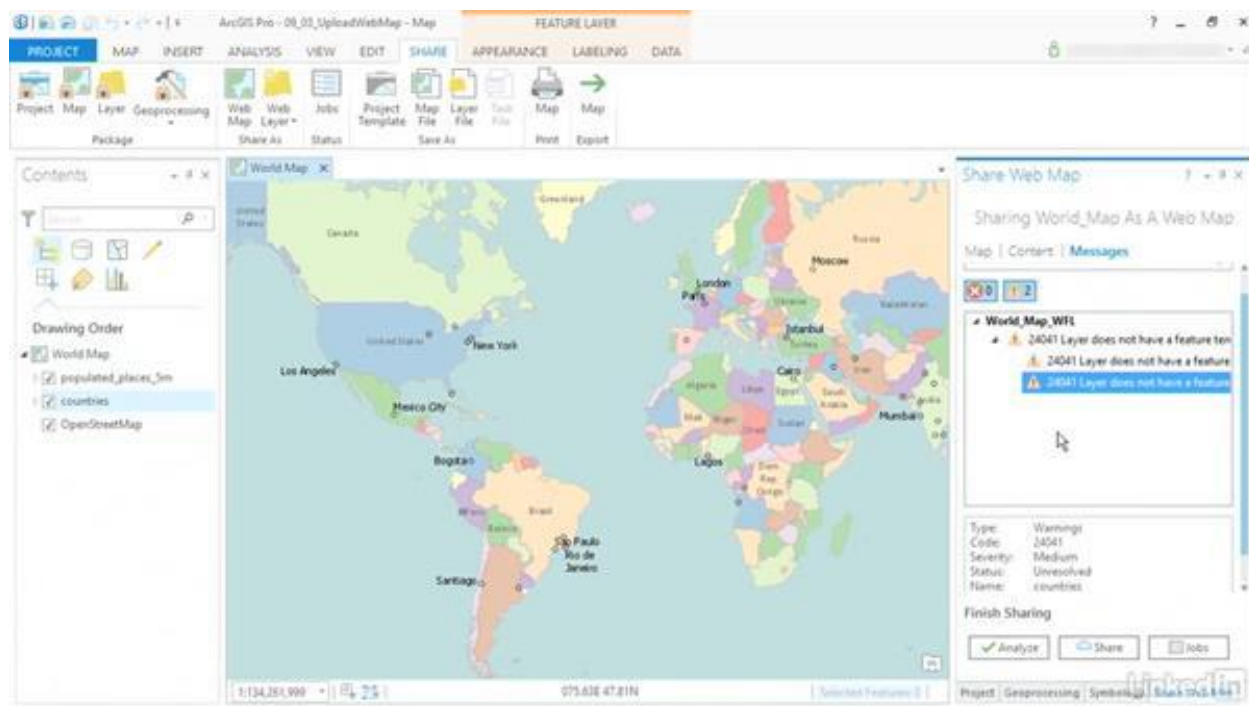


Рисунок 3.3 — Інтерфейс ArcGIS Online

### 3.3 Середовище розробки Microsoft Visual Studio Code

Visual Studio Code - це безкоштовний редактор вихідного коду, створений Microsoft для Windows, Linux та macOS. Особливості включають підтримку налагодження, підсвічування синтаксису, інтелектуальне завершення коду, фрагменти, рефакторинг коду та вбудований Git. Користувачі можуть змінювати тему, комбінації клавіш, налаштування та встановлювати розширення, що додають додаткову функціональність. Вихідний код безкоштовний та відкритий, випущений згідно з дозвоільною ліцензією MIT.

Visual Studio Code - це редактор вихідного коду, який можна використовувати з різними мовами програмування, включаючи Java, JavaScript, Go, Node.js та C ++. Він заснований на Electron framework, яка використовується для розробки веб-додатків Node.js, які працюють в механізмі компонування Blink. Код Visual Studio використовує той же компонент редактора (кодова назва "Монако"), який використовується в Azure DevOps (раніше називався Visual Studio Online і Visual Studio Team Services).



Замість системи проектів вона дозволяє користувачам відкривати один або кілька каталогів, які потім можуть бути збережені у робочих просторах для подальшого повторного використання. Це дозволяє йому працювати як мовно-агностичний редактор коду для будь-якої мови, всупереч Microsoft Visual Studio, який використовує патентний файл рішення .sln та файли проекту, що стосуються конкретного проекту. Він підтримує ряд мов програмування та набір функцій, що відрізняються для кожної мови. Небажані файли та папки можна виключити з дерева проектів за допомогою налаштувань. Багато функцій коду Visual Studio не відкриваються через меню або користувацький інтерфейс, але до них можна отримати доступ через палітру команд.

Код Visual Studio можна розширити за допомогою розширень, доступних через центральне сховище. Сюди входять доповнення до редактора та мовна підтримка. Примітною особливістю є можливість створювати розширення, які додають підтримку нових мов, тем та налагоджувачів, здійснюють статичний аналіз коду та додають підшивки коду за допомогою протоколу Language Server.

Visual Studio Code включає в себе кілька розширень для FTP, що дозволяє використовувати програмне забезпечення як безкоштовну альтернативу для веб-розробки. Код можна синхронізувати між редактором та сервером, не завантажуючи додаткового програмного забезпечення.

Visual Studio Code дозволяє користувачам встановлювати кодову сторінку, на якій зберігається активний документ, символ нової лінії та мову програмування активного документа. Це дозволяє використовувати його на будь-якій платформі, у будь-якій місцевості та для будь-якої мови програмування.

Visual Studio Code включає базову підтримку більшості поширених мов програмування. Ця основна підтримка включає підсвічування синтаксису, відповідність дужок, складання коду та фрагменти, що можна налаштовувати. Visual Studio Code також постачається з IntelliSense для JavaScript, TypeScript, JSON, CSS та HTML, а також підтримка налагодження для Node.js. Підтримку додаткових мов можна забезпечити вільно доступними розширеннями на VS Code Marketplace.[18]

На рисунку 3.4 показано інтерфейс IDE Visual Studio Code.

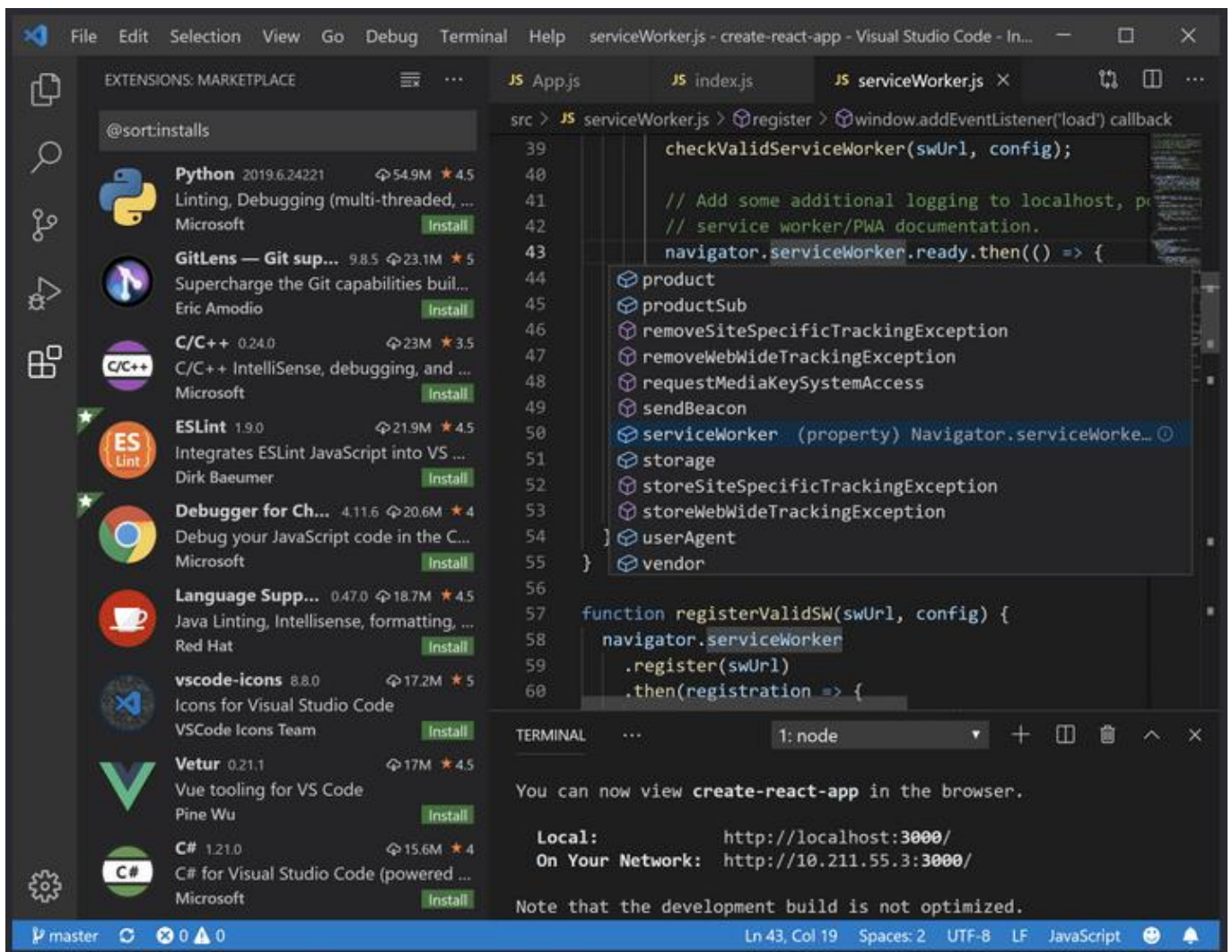


Рисунок 3.4 — Інтерфейс IDE Visual Studio Code

### 3.4 Опис мови програмування JavaScript

Для створення системи була обрана мова програмування JavaScript.

JavaScript (JS) – це невибаглива до ресурсів мова програмування з функціями першого класу, код якої інтерпретується та компілюється під час виконання. Хоча JavaScript насамперед відома як скриптова мова для веб-сторінок, вона також використовується у багатьох небраузерних середовищах на кшталт Node.js, Apache CouchDB та Adobe Acrobat.

Оскільки мова мульти-парадигмова, JavaScript підтримує, функціональні і

імперативні стилі програмування. Вона має інтерфейси прикладного програмування (API) для роботи з текстом, датами, регулярними виразами, стандартними структурами даних та Document Object Model (DOM). Однак сама мова не включає жодного вводу / виводу, такого як мережеві засоби, сховища чи графічні засоби, оскільки хост-середовище (як правило, веб-браузер) надає ці API.

JavaScript – прототип-орієнтована динамічна мова, що має декілька парадигм та підтримує об'єктно-орієнтований, імперативний та декларативний (тобто функціональне програмування) стилі.

За допомогою нього доступні до виконання наступні функції:

- можливість змінювати сторінки браузерів;
- додавання або видалення тегів;
- зміна стилів сторінки;
- інформація про дії користувача на сторінці;
- запит доступу до випадкової частини вихідного коду сторінки;
- внесення змін до цього код;
- виконання дії з cookie-файлами.

Область застосування цієї мови досить обширна і нічим не обмежена: серед програм, які використовують JS, присутні і тестові редактори, і додатки (як для комп'ютерів, так і мобільні і навіть серверні), і прикладне ПЗ.

Переваги JavaScript:

- Жоден сучасний браузер не обходиться без підтримки JavaScript.
- З використанням написаних на JavaScript плагінів і скриптів впорається навіть не фахівець.
- Постійно удосконалюється мова - зараз розробляється бета-варіація проекту, JavaScript2.
- Взаємодія з додатком може здійснюється навіть через текстові редактори – Microsoft Office і Open Office.

JavaScript і DOM надають потенційним зловмисникам можливість доставляти сценарії для роботи на клієнтському комп'ютері через Інтернет. Автори браузерів

мінімізують цей ризик, використовуючи два обмеження. По-перше, сценарії виконуються в пісочниці, в якій вони можуть виконувати лише дії, пов'язані з веб-сайтом, а не завдання програмування загального призначення, наприклад створення файлів. По-друге, сценарії обмежуються політикою одного походження: сценарії з одного веб-сайту не мають доступу до такої інформації, як імена користувачів, паролі чи куки, що надсилаються на інший сайт. Більшість помилок безпеки, пов'язаних з JavaScript, є порушенням тієї самої політики походження або пісочної скриньки.

Існують підмножини загального JavaScript – ADsafe, Secure ECMAScript (SES) – що забезпечують більш високий рівень безпеки, особливо щодо коду, створеного третьою стороною (наприклад, реклами). Caja – це ще один проект безпечного вбудовування та ізоляції сторонніх JavaScript та HTML.[19]

### **3.5 Опис мови програмування JavaScript**

API ArcGIS для JavaScript – це інтерфейс програмування додатків, що використовує мову сценаріїв JavaScript. Цей API може використовуватися для споживання послуг REST ArcGIS Server, які доступні з сервером ArcGIS версії 9.3 і вище. API можна використовувати для вбудовування інтерактивних карт у веб-сторінки.

Використовуючи ArcGIS API для JavaScript, можна працювати із вмістом на порталі ArcGIS Online. Наприклад, можна отримувати доступ та редагувати наявний вміст і створювати нові елементи вмісту, шукати користувачів і груп, а також ділитися та видаляти їх.

### **3.6 Висновки**

Для створення програмного продукту було обрано сімейство продуктів для роботи з ГІС від Esri. Для розробки геоінформаційної бази даних було обрано ArcGIS Desktop, а для її розміщено обрано хмарний сервіс ArcGIS Online. Це дало широкий

вибір можливостей, інструментів, що дозволяє легко маніпулювати географічними даними.

Тим часом для додатку було встановлено середовище Microsoft Visual Studio Code з мовою програмування Java Script. Для використання інструментів для побудови розширень до середовища розробки було встановлено комплект розробки програмного забезпечення з усіма відповідними бібліотеками та шаблонами.

## 4 ОПИС РЕАЛІЗАЦІЇ

В цьому розділі описана детальна інформація щодо процесу створення та використаних технологій реалізації поставленої задачі моделювання управлінських процесів в інженерних системах для НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» та розробки програмного продукту. Для реалізації даної задачі були використані дані отримані на етапі проектування системи. Процес вирішення поставленої задачі зображено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 — Процес створення бази геоданих

## **4.1 Створення бази геоданих**

Першочерговою задачею є створення геоінформаційної бази даних та цифрової карти території НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Реалізація цієї задачі відбулася за допомогою інструментарію програмного комплексу геоінформаційних систем ArcGIS Desktop.

### **4.1.1 Класи просторових об'єктів**

Для зберігання геоданих було створено ряд класів просторових об'єктів (рисунок 4.2). Класичні просторові об'єкти, які містять велику кількість полів з можливістю вдосконалення даних.

У створених різних просторових поверхнях будівлі були створені для полегшення інформації про форму будівлі, кольори, товщини, що відображаються на стилі, площі, периметрі та на межі конкретних споруд. Після цього цей клас просторових об'єктів був наповнений отриманою інформацією з власне місцевою архітектурою НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Для заповнення баз геоданих були проаналізовані та структуровані масштабні картографічні дані, отримані за допомогою різних карт та офіційних державних електронних ресурсів.

Аналогічні були створені й інші класи просторових об'єктів, наявні у створеній базі геоінформаційних даних. У контекстному меню, оснащеному класичними просторовими об'єктами, які знаходяться у підкаталозі в ArcMap, потрібно знайти пункт «Нове» та відкрити вікно нового класу просторових елементів (рисунок 4.3 та рисунок 4.4). У цьому вікні ви можете вказати їх клас просторових об'єктів, псевдонім і вам потрібно вибрати тип елементів, які будуть зберігатися в просторі. Ми працювали за допомогою трьох видимих даних і використовували лінійні дії для зберігання інформації про інженерні дії.

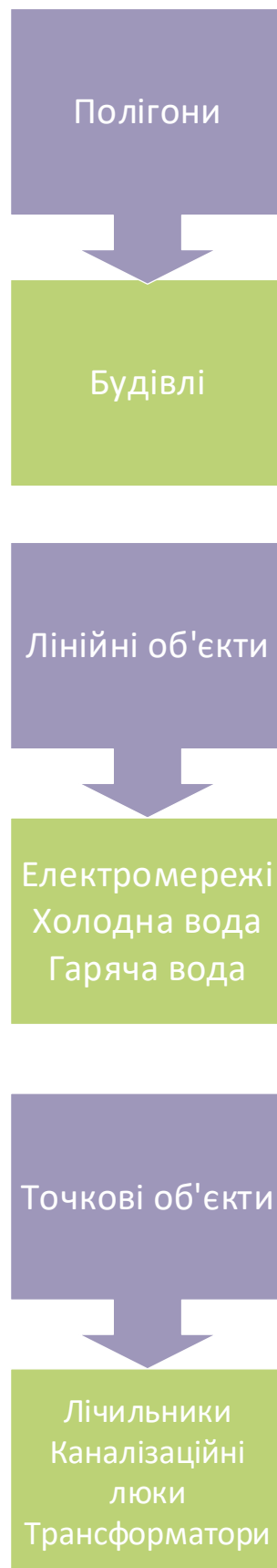


Рисунок 4.2 — Класи та об'єкти



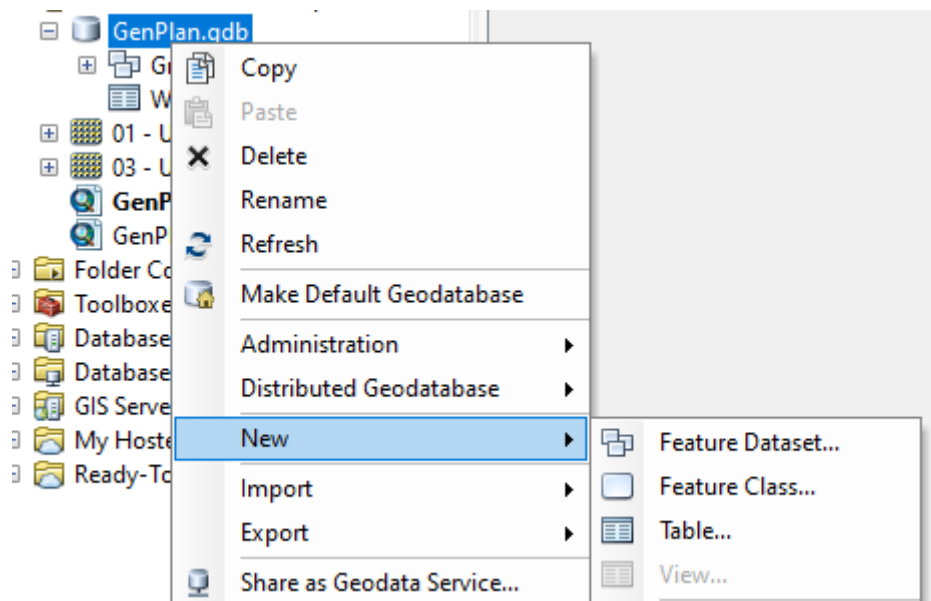


Рисунок 4.3 — Вікно створення нового класу в існуючій ГБД

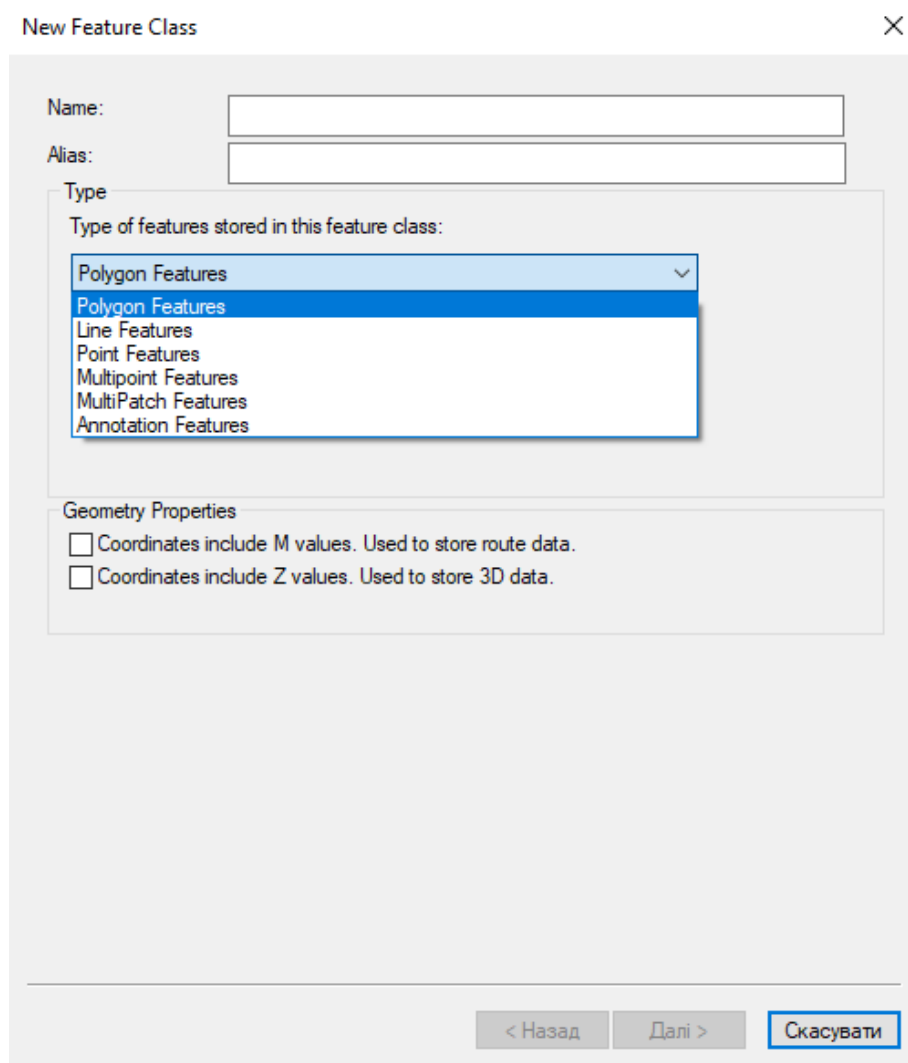


Рисунок 4.4 — Вікно створення нового класу просторових об'єктів

Класи просторових об'єктів мають ідентичні поля, а саме: колір та товщина ліній, а також довжину і поле геометричного типу, що зберігає лінію.

#### 4.1.2 Класи відношень

Важливою частиною геоінформаційних баз даних є можливість створення взаємозв'язку між різними таблицями відповідно до певних полів та правил за допомогою спеціальних окремих елементів, які називаються класи відносин.

Для встановлення відповідності між будівлями, лічильниками та мережами, до яких вони підключені, створені класи відносин між ними.

Щоб створити клас відносин, потрібно вибрати "Нове" і, відповідно, клас відносин у контекстному меню набору класів функцій, розташованому на вкладці Каталог. Виконуючи ці дії, відкриється вікно помічника для встановлення класу відносин (рисунк. 4.5 та рисунок 4.6).

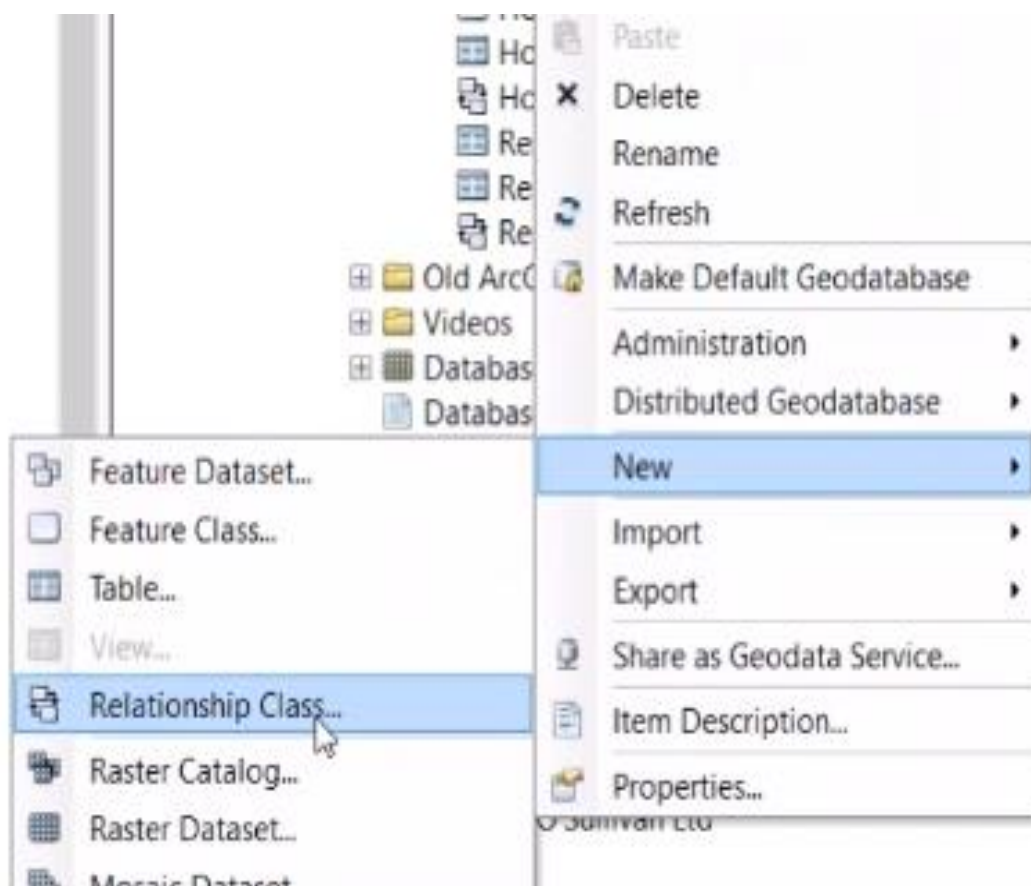


Рисунок 4.5 — Новий клас відношень

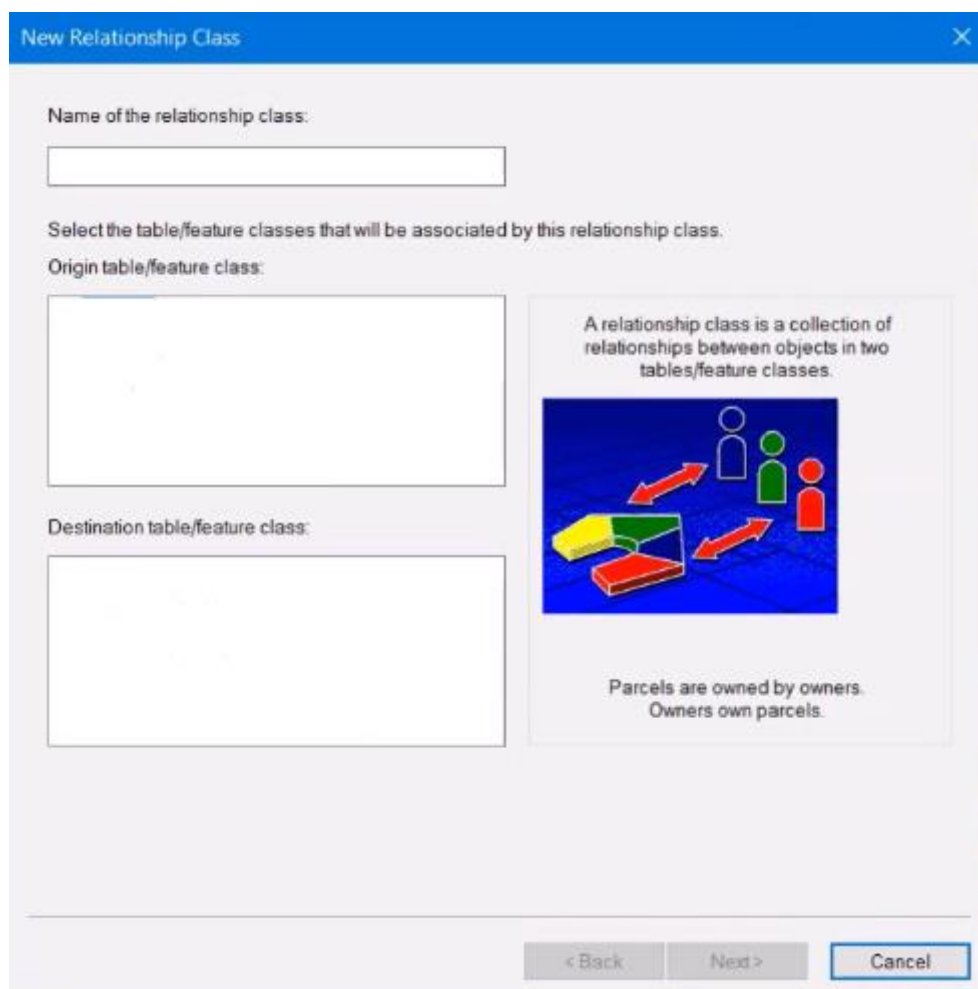


Рисунок 4.6 — Вікно створення класу відношень

## 4.2 Структура БД

Концептуальна модель надає представлення структури системи та її ключові елементи та показує зв'язки між ними. На рисунку 4.7 представлена концептуальна модель даних розробленої геоінформаційної системи та показані зв'язки між базовими сутностями бази даних програмного проекту.

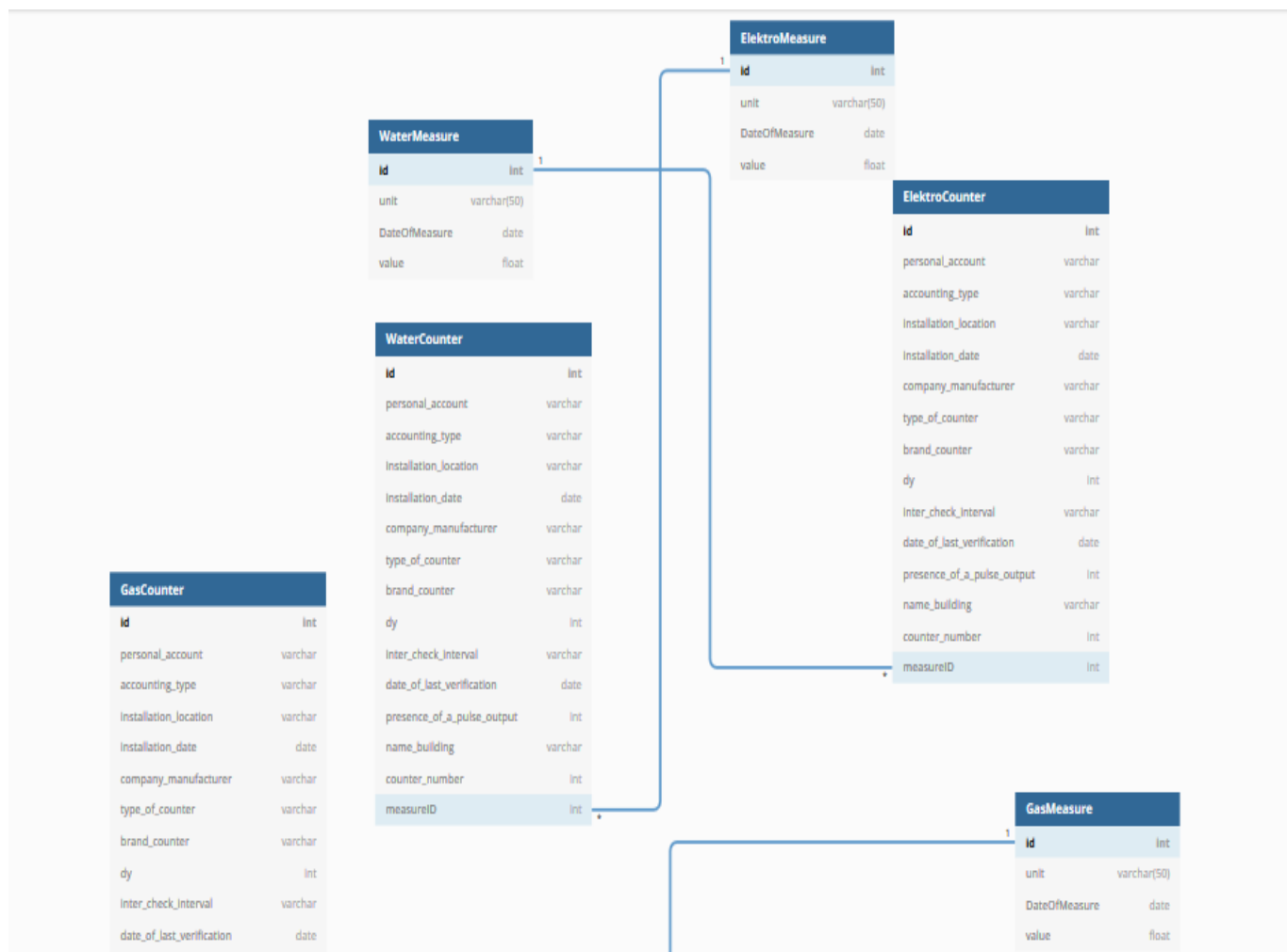


Рисунок 4.7 — Логічна модель даних

## **5 РОБОТА КОРИСТУВАЧА З СИСТЕМОЮ**

### **5.1 Системні вимоги та додаткове програмне забезпечення**

Для роботи з розробленим веб-додатком немає особливих вимог до складу та продуктивності роботи апаратного забезпечення. Проте розроблений додаток є частиною комплексного програмного забезпечення тому для його коректної роботи необхідне встановлення всіх інших розроблених компонентів. Також необхідне якісне Інтернет-з'єднання.

### **5.2 Результати виконання програми**

Скріншоти нижче демонструють програмну реалізацію, з використанням геоінформаційних технологій.







Рисунок 5.3 — План університету з електро-, водо-, газомережою

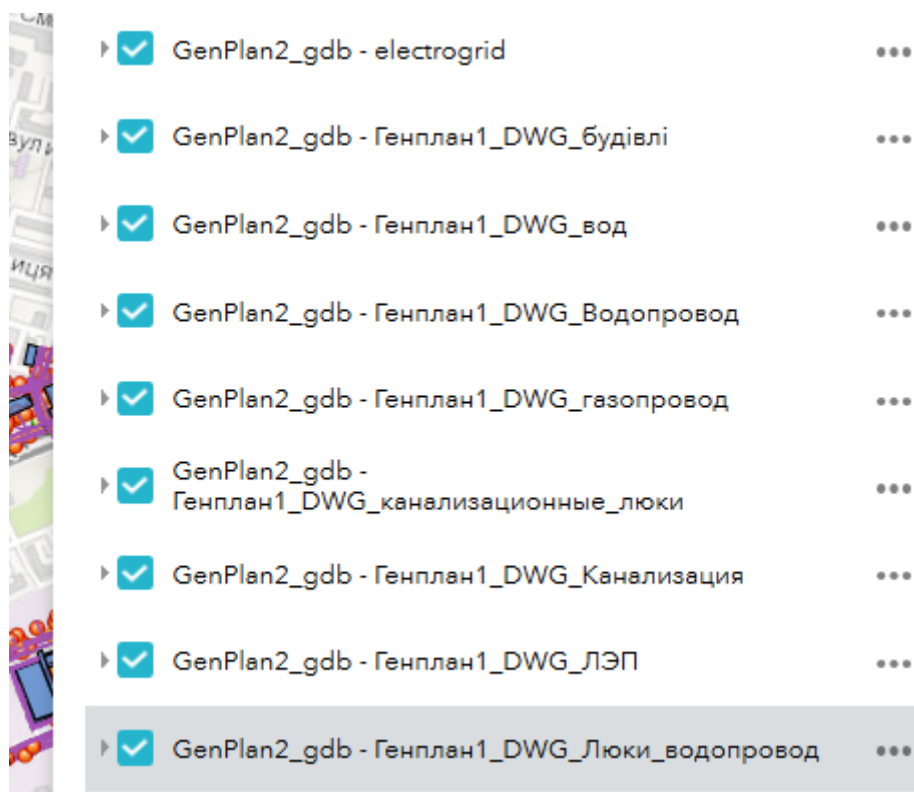


Рисунок 5.4 — Вибір шарів карти



Рисунок 5.5 — План університету з усіма інженерними мережами, вузлами, люками, лічильниками і т.д.



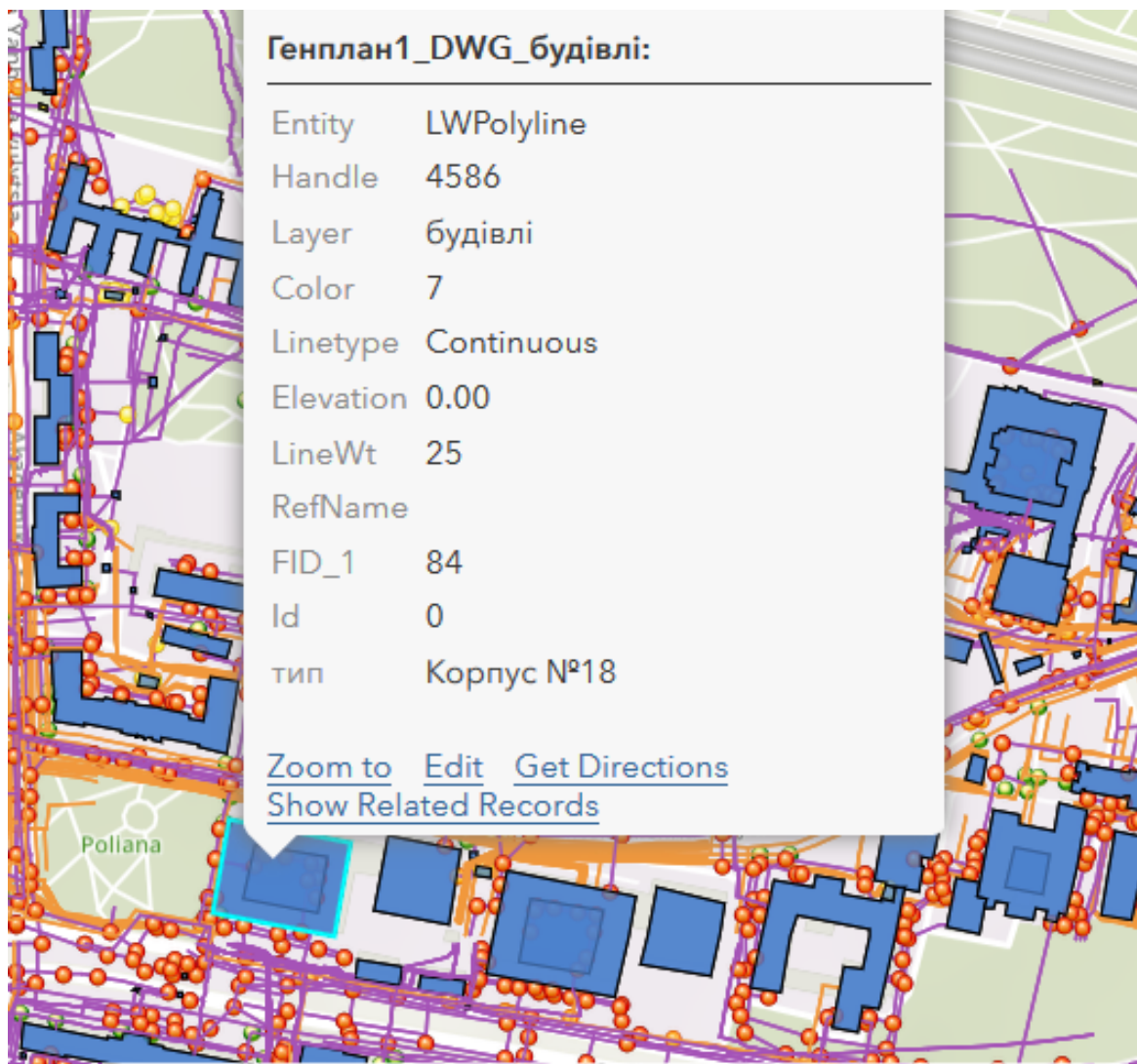


Рисунок 5.6 — Інформація про об'єкт на карті

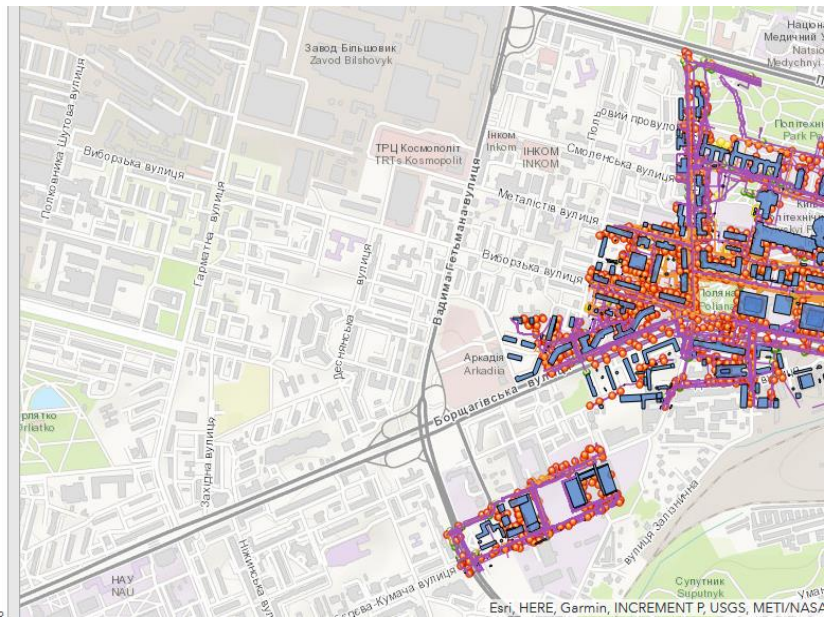
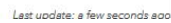
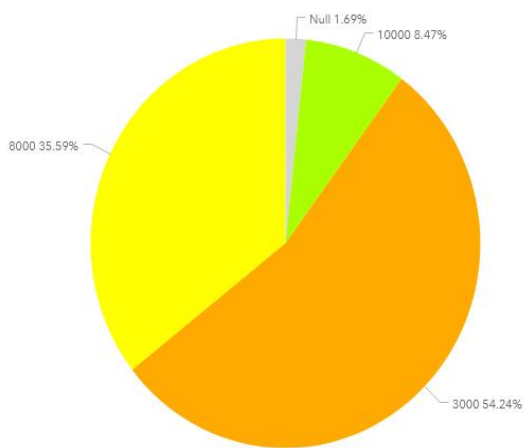


Рисунок 5.7 — Pie chart діаграма вихідного току на електролічильниках

## 6 ВИСНОВОК

В ході виконання даної роботи було створено інформаційну систему моделювання управлінських процесів в інженерних мережах. Була розроблена геоінформаційна база даних. Для цього було ретельно проаналізовано предметну область, уточнені вимоги до програмного забезпечення, відібрані технології розробки, розроблено архітектуру системи. Розроблений додаток є частиною комплексного програмного забезпечення для енергетичного менеджменту. Проект реалізовано за допомогою інструментів ArcGIS, фреймворків для розробки Java script, та використано ArcGISOnline для зберігання БД.

Кінцевий продукт відрізняється від інших, тим, що було реалізовано всі завдання предметної області та потреби користувачів. Сервіс розміщується на хостингу тож для доступу до нього підходить будь-який пристрій з доступом до Інтернет. Таке рішення дає змогу новим користувачам швидко почати взаємодіяти з продуктом, без зайвих діалогів та перегляду документації. Інтерфейс дозволяє переглянути потрібну інформацію та використовувати увесь спектр можливостей. Будова системи з трьома типами користувачів дозволила розділити інформацію та можливості між користувачами та надає їх в залежності від ролі.

Використання веб технологій дозволило використання цього додатку, як на мобільний пристроях так і на настільних персональних комп'ютерах з будь-якою ОС.

В ході виконання даної роботи був отриманий практичний досвід з проектування баз даних, розробки веб-API та використання геоінформаційних технологій, а також досвід з проектування та імплементації веб-орієнтованого додатку.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Впровадження систем енергоменеджменту – шлях до створення «зеленої» економіки / Е. І. Іншеков – 2014.
2. Геоінформаційні системи. Підручник. / Лабенко Д.П., Тімонін В.О. // Харків: ХНАДУ – 2012. – 260 с.
3. Геоинформатика: толковый словарь основных терминов / Ю. Б. Баранов, А. М. Берлянт, Е. Г. Капралов и др. // М. : ГИСАссоциация, – 1999. – 204 с.
4. Географические информационные системы. Основы. / Майкл ДеМерс. – 1999. – 478 с.
5. Функціональні та структурні вимоги до побудови сучасних географічних інформаційних систем. / П.І. Жежнич, В.О. Осика // Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційних систем та мереж – 2011 – 10 с.
6. Інформатизація космічного землезнавства / Під ред. О.І. Калашникова, Л.В. Сивай. // К.: Наукова думка – 2001 – 606 с.
7. Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. / Петросов В.А. // К.:Наукова думка – 2003. – 224 с.
8. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. – Кн. 2 / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. // Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя – 2017. – 237 с.
9. Теоретичні аспекти геоінформаційного моделювання / Т. І. Козаченко // Український географічний журнал. – 2009. – № 4. С. 51–56
10. Empowering electric and gas utilities with GIS. / Meehan B. // Red lands, Environmental Systems Research Institute Publ. – 2007 – 280 p.
11. Modern information systems for engineering networks. / Sarychev D.S. // Vestnik TGU – 2003 – 361.

12. Determination of the optimal route of the gas pipeline on the basis of the factors affecting the value of cards. / Melkumov V.N., Kuznetsov I.S., Kuznetsov R.N. // Nauch. vestn. VGASU. Stroitelstvo i arkhitektura – 2009 – 27.
13. Algorithmic approach. / Kristofides N. // Moscow, Mir Publ. – 1978 – 432 p.
14. Methods of analysis network. / Fillips D., GarsiaDias A. // Moscow, Mir Publ. – 1984 – 496 p.
15. Математические модели связности. / Попков В.К. // Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН - 2006. – 490 с.
16. "Making The Move From ArcView 3x to ArcView 8.1". [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20080509072204/http://spatialnews.geocomm.com/features/arcview3xto8/>
17. Part of a complete ArcGIS System [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//00v20000001400000>
18. "Visual Studio Code Display Language (Locale)" [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://code.visualstudio.com/docs/getstarted/locales>
19. "Speaking Java Script". [Электронный ресурс].– Режим доступа: [http://speakingjs.com/es5/index.html#toc\\_ch04](http://speakingjs.com/es5/index.html#toc_ch04)

## ДОДАТОК 1

Моделювання управлінських процесів в інженерних мережах на базі ГІС-технологій

Специфікація

УКР.НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»\_ТЕФ\_АПЕПС\_ТМ61165\_20Б

Аркушів 2

Київ – 2020

Позначення	Найменування	Примітки
Документація		
УКР.НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»_ТЕФ_АПЕ ПС_ТМ61165_20Б	Записка Гейко.docx	Пояснювальна зписка
Компоненти		
УКР.НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»_ТЕФ_АПЕ ПС_ТМ61165_20Б	Project.mxd /Campus.gdb/	Модулі геоінформаційної бази даних
УКР.НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»_ТЕФ_АПЕ ПС_ТМ61165_20Б	Energomanagment/public/ index.html Energomanagment/public/ env.js Energomanagment/public/ init.js Energomanagment/public/ simpleLoader.js	Модулі веб-додатку

## ДОДАТОК 2

Моделювання управлінських процесів в інженерних мережах на базі ГІС-технологій

Текст програми

УКР.НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»\_ТЕФ\_АПЕПС\_ТМ61165\_20Б

Аркушів 9

Київ – 2020



```

var apiUrl = null,
    weinreUrl = '//launch.chn.esri.com:8081/target/target-script-min.js',
    //debug: Boolean
    // If it's debug mode, the app will load weinre file
    debug = false,
    path = null,
    isXT = false,
    allCookies,
    verboseLog = true,
    deployVersion = '2.16';
// console.time('before map');
//isXT = true;
//verboseLog = false;
(function(global){
    //init API URL
    var queryObject = getQueryObject();
    var apiVersion = '3.32';
    apiUrl = 'https://js.arcgis.com/3.32';
    allCookies = getAllCookies();
    if (queryObject.apiUrl) {
        if(!checkApiUrl(queryObject.apiUrl)){
            console.error('?apiurl must point to an ULR that is in the app or in esri.com/arcgis.com domain. ');
            return;
        }
        apiUrl = queryObject.apiUrl;
    }
    window.appInfo = {isRunInPortal: !isXT};
    if (!apiUrl) {
        if (isXT) {
            apiUrl = 'https://js.arcgis.com/' + apiVersion;
        } else {
            var portalUrl = getPortalUrlFromLocation();
            if (portalUrl.indexOf('arcgis.com') > -1) {
                if(portalUrl.indexOf('devext.arcgis.com') > -1){
                    apiUrl = '//jsdev.arcgis.com/' + apiVersion;
                }else if(portalUrl.indexOf('qa.arcgis.com') > -1){
                    apiUrl = '//jsqa.arcgis.com/' + apiVersion;
                }else{
                    apiUrl = '//js.arcgis.com/' + apiVersion;
                }

                // apiUrl = 'https://js.arcgis.com/' + apiVersion;
            } else {
                apiUrl = portalUrl + 'jsapi/jsapi/';
            }
        }
    }

    if (apiUrl.substr(apiUrl.length - 1, apiUrl.length) !== '/') {
        apiUrl = apiUrl + '/';
    }
}

```

```

path = getPath();

function getAllCookies(){
    var strAllCookie = document.cookie;
    var cookies = { };
    if (strAllCookie) {
        var strCookies = strAllCookie.split(';');
        for(var i = 0; i < strCookies.length; i++){
            var splits = strCookies[i].split('=');
            if(splits && splits.length > 1){
                cookies[splits[0].replace(/^\s+|\s+$/gm, "")] = splits[1];
            }
        }
    }
    return cookies;
}

function checkApiUrl(url){
    if(/^\/\./.test(url) || /^https?:\/\./.test(url)){
        return /(?:[w\-\_]+\.)+(?:esri|arcgis)\.com/.test(url); //api url must be in esri.com or arcgis.com
    }else{
        return true;
    }
}

function getPortalUrlFromLocation(){
    var portalUrl = getPortalServerFromLocation() + getDeployContextFromLocation();
    return portalUrl;
}

function getPortalServerFromLocation(){
    var server = window.location.protocol + '//' + window.location.host;
    return server;
}

function getDeployContextFromLocation (){
    var keyIndex = window.location.href.indexOf("/home/");
    if(keyIndex < 0){
        keyIndex = window.location.href.indexOf("/apps/");
    }
    var context = window.location.href.substring(window.location.href.indexOf(
        window.location.host) + window.location.host.length + 1, keyIndex);
    if (context !== "/" ) {
        context = "/" + context + "/";
    }
    return context;
}

function getPath() {
    var fullPath, path;

```

```

fullPath = window.location.pathname;
if (fullPath === '/' || fullPath.substr(fullPath.length - 1) === '/') {
    path = fullPath;
}else{
    var sections = fullPath.split('/');
    var lastSection = sections.pop();
    if (/\.(html$/.test(lastSection) || /\.aspx$/.test(lastSection) ||
        /\.jsp$/.test(lastSection) || /\.php$/.test(lastSection)) {
        //index.html may be renamed to index.jsp, etc.
        path = sections.join('/') + '/';
    } else {
        return false;
    }
}
return path;
}

```

```

function getQueryObject(){
    var query = window.location.search;
    if (query.indexOf('?') > -1) {
        query = query.substr(1);
    }
    var pairs = query.split('&');
    var queryObject = { };
    for(var i = 0; i < pairs.length; i++){
        var splits = decodeURIComponent(pairs[i]).split('=');
        queryObject[splits[0]] = splits[1];
    }
    return queryObject;
}

```

```

function _loadPolyfills(prePath, cb) {
    prePath = prePath || "";
    var ap = Array.prototype,
        fp = Function.prototype,
        sp = String.prototype,
        loaded = 0,
        completeCb = function() {
            loaded++;
            if (loaded === tests.length) {
                cb();
            }
        },
    tests = [{
        test: window.console,
        failure: prePath + "libs/polyfills/console.js",
        callback: completeCb
    }, {
        test: ap.indexOf && ap.lastIndexOf && ap.forEach && ap.every && ap.some &&
            ap.filter && ap.map && ap.reduce && ap.reduceRight,
        failure: prePath + "libs/polyfills/array.generics.js",
    }

```

```

    callback: completeCb
  }, {
    test: fp.bind,
    failure: prePath + "libs/polyfills/bind.js",
    callback: completeCb
  }, {
    test: Date.now,
    failure: prePath + "libs/polyfills/now.js",
    callback: completeCb
  }, {
    test: sp.trim,
    failure: prePath + "libs/polyfills/trim.js",
    callback: completeCb
  }, {
    test: window.Blob,
    failure: prePath + "libs/polyfills/Blob.js",
    callback: completeCb
  }, {
    test: window.ArrayBuffer,
    failure: prePath + "libs/polyfills/typedarray.js",
    callback: completeCb
  }, {
    test: Object.assign,
    failure: prePath + "libs/polyfills/assign.js",
    callback: completeCb
  }, {
    test: Array.prototype.includes,
    failure: prePath + "libs/polyfills/array.includes.js",
    callback: completeCb
  }, {
    test: String.prototype.includes,
    failure: prePath + "libs/polyfills/string.includes.js",
    callback: completeCb
  }
];

for(var i = 0; i < tests.length; i++){
  testLoad(tests[i]);
}

function localeIsSame(locale1, locale2){
  return locale1.split('-')[0] === locale2.split('-')[0];
}

function _setRTL(locale){
  var rtlLocales = ["ar", "he"];
  var dirNode = document.getElementsByTagName("html")[0];
  var isRTLLocale = false;
  for (var i = 0; i < rtlLocales.length; i++) {
    if (localeIsSame(rtlLocales[i], locale)) {
      isRTLLocale = true;
    }
  }
}

```

```

    }
}

dirNode.setAttribute("lang", locale);
if (isRTLLocale) {
    dirNode.setAttribute("dir", "rtl");
    dirNode.className += " esriRtl jimu-rtl";
    dirNode.className += " " + locale + " " +
        (locale.indexOf("-") !== -1 ? locale.split("-")[0] : "");
} else {
    dirNode.setAttribute("dir", "ltr");
    dirNode.className += " esriLtr jimu-ltr";
    dirNode.className += " " + locale + " " +
        (locale.indexOf("-") !== -1 ? locale.split("-")[0] : "");
}

window.isRTL = isRTLLocale;
}

global._loadPolyfills = _loadPolyfills;
global.queryObject = queryObject;
global._setRTL = _setRTL;

global.avoidRequireCache = function(require){
    var dojoInject = require.injectUrl;
    require.injectUrl = function(url, callback, owner){
        url = appendDeployVersion(url);
        dojoInject(url, callback, owner);
    };
};

global.avoidRequestCache = function (aspect, requestUtil){
    aspect.after(requestUtil, 'parseArgs', function(args){
        args.url = appendDeployVersion(args.url);
        return args;
    });
};

function appendDeployVersion(url){
    if(/^http(s)?:\|\/\|/.test(url) || /^\/\|\/\|/.test(url) || /^\/\|\/\|/.test(url)){
        return url;
    }
    if(url.indexOf('?') > -1){
        url = url + '&wab_dv=' + deployVersion;
    } else{
        url = url + '?wab_dv=' + deployVersion;
    }
    return url;
}

var _detectUserAgent = function() {

```

```

var os = {}, browser = {},
    ua = navigator.userAgent, platform = navigator.platform,
    webkit = ua.match(/Web[kK]it[\/]{0,1}([d.]+)/),
    android = ua.match(/(Android);?[\s\/]+([d.]+)/?),
    osx = !!ua.match(/(Macintosh\; Intel /),
    ipad = ua.match(/(iPad).*OS\s([d.]+)/),
    ipod = ua.match(/(iPod)(.*OS\s([d.]+))/?/),
    iphone = !ipad && ua.match(/(iPhone\sOS)\s([d.]+)/),
    webos = ua.match(/(webOS|hpwOS)[\s\/]([d.]+)/),
    win = /Win\d{2}|Windows/.test(platform),
    wp = ua.match(/Windows Phone ([d.]+)/),
    touchpad = webos && ua.match(/TouchPad/),
    kindle = ua.match(/Kindle\|([d.]+)/),
    silk = ua.match(/Silk\|([d.]+)/),
    blackberry = ua.match(/(BlackBerry).*Version\|([d.]+)/),
    bb10 = ua.match(/(BB10).*Version\|([d.]+)/),
    rimbtabletos = ua.match(/(RIM\sTablet\sOS)\s([d.]+)/),
    playbook = ua.match(/PlayBook/),
    chrome = ua.match(/Chrome\|([d.]+)/) || ua.match(/CriOS\|([d.]+)/),
    firefox = ua.match(/Firefox\|([d.]+)/),
    firefoxos = ua.match(/((?:Mobile|Tablet); rv:([d.]+)).*Firefox\|([d.]+)/),
    ie = ua.match(/MSIE\s([d.]+)/) || ua.match(/Trident\|([d.]+(?:=[^?]+).*rv:([0-9.]+)/),
    webview = !chrome && ua.match(/(iPhone|iPod|iPad).*AppleWebKit(?:.*Safari)/),
    safari = webview || ua.match(/Version\|([d.]+)([^\S](Safari)|[^\S](M)(Mobile)[^\S](Safari))/);

```

```

browser.webkit = !!webkit;
if (browser.webkit) {
    browser.version = webkit[1];
}

```

```

if (android) {
    os.android = true;
    os.version = android[2];
}
if (iphone && !ipod) {
    os.ios = os.iphone = true;
    os.version = iphone[2].replace(/_/g, '.');
}
if (ipad) {
    os.ios = os.ipad = true;
    os.version = ipad[2].replace(/_/g, '.');
}
if (ipod) {
    os.ios = os.ipod = true;
    os.version = ipod[3] ? ipod[3].replace(/_/g, '.') : null;
}
if (wp) {
    os.wp = true;
    os.version = wp[1];
}
if (webos) {

```

```

    os.webos = true;
    os.version = webos[2];
}
if (touchpad) {
    os.touchpad = true;
}
if (blackberry) {
    os.blackberry = true;
    os.version = blackberry[2];
}
if (bb10) {
    os.bb10 = true;
    os.version = bb10[2];
}
if (rimtabletos) {
    os.rimtabletos = true;
    os.version = rimtabletos[2];
}
if (playbook) {
    browser.playbook = true;
}
if (kindle) {
    os.kindle = true;
    os.version = kindle[1];
}
if (silk) {
    browser.silk = true;
    browser.version = silk[1];
}
if (!silk && os.android && ua.match(/Kindle Fire/)) {
    browser.silk = true;
}
if (chrome) {
    browser.chrome = true;
    browser.version = chrome[1];
}
if (firefox) {
    browser.firefox = true;
    browser.version = firefox[1];
}
if (firefoxos) {
    os.firefoxos = true;
    os.version = firefoxos[1];
}
if (ie) {
    browser.ie = true;
    browser.version = ie[1];
}
if (safari && (osx || os.ios || win)) {
    browser.safari = true;
    if (!os.ios) {

```

```

    browser.version = safari[1];
  }
}
if (webview) {
  browser.webview = true;
}

os.tablet = !(ipad || playbook || (android && !ua.match(/Mobile/)) ||
(firefox && ua.match(/Tablet/)) || (ie && !ua.match(/Phone/) && ua.match(/Touch/)));
os.phone = !(os.tablet && !os.ipod && (android || iphone || webos || blackberry || bb10 ||
(chrome && ua.match(/Android/)) || (chrome && ua.match(/CriOS\/([\d.]+)\/)) ||
(firefox && ua.match(/Mobile/)) || (ie && ua.match(/Touch/))));

return {
  os: os,
  browser: browser
};
};
var _isMobileUa = function() {
  var uaInfo = global.userAgent;
  if (true === uaInfo.os.phone || true === uaInfo.os.tablet) {
    return true;
  } else {
    return false;
  }
};
global.userAgent = _detectUserAgent();
global.isMobileUa = _isMobileUa();
})(window);

```



## ДОДАТОК 3

Моделювання управлінських процесів в інженерних мережах на базі ГІС-технологій

Опис програми

УКР.НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»\_ТЕФ\_АПЕПС\_ТМ61165\_20Б

Аркушів 8

Київ – 2020

## АНОТАЦІЯ

Додаток надає можливість відображати об'єкти та інженерні мережі на карті, а також відображати діаграми.

Програмний продукт розроблений на мові програмування Java Script для веб-браузерів з використанням ArcGIS API for JS. Розробка географічної бази даних відбувалась за допомогою ArcGIS Desktop та ArcGIS Online. В якості середовища розробки було використано – Visual Studio Code.

## ЗМІСТ

1. Загальні відомості .....	1
2. Функціональне призначення .....	2
3. Опис логічної структури.....	3
4. Використовувані технічні засоби .....	4
5. Вхідні і вихідні дані .....	5

-1-

## **ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ**

Розроблений продукт є геоінформаційною базою даних, що містить дані про розміщення будівель на території НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» та інженерних мереж. Також для спрощення взаємодії розроблено веб-додаток.

Користувач для роботи з додатком не потребує жодного специфічного програмно забезпечення, лише браузер.

Система була написана мовою JS.

## **ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ**

Розроблений програмний засіб покликаний вирішити задачу відображення на карті об'єктів та інженерних мереж, а також перегляд діаграм. Це було реалізовано за допомогою кількох функцій системи, а саме:

- Перегляд шарів інженерної мережі;
- Перегляд інформації про об'єкт;
- Показ діаграми.

## ОПИС ЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ

Загальний принцип роботи додатку такий:

1. Користувач переглядає карту з відображеними на ній об'єктами;
2. Дані для відображення на карті беруться з ГБД, завантаженої на сервер;
3. Користувач натискає на карті на певний об'єкт;
4. Після натиску, відображається коротка інформація про об'єкт;
5. Користувач натискає на іконку діаграми для відображення діаграми.

Програма містить один головний екран з картою та шарами на ній. Також можуть відкриватися додаткові вікна для редагування шарів, для відображення додаткової інформації про об'єкт та для відображення діаграми.

## **ВИКОРИСТОВУВАНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ**

Для організації доступу до програмного продукту потрібно мати комп'ютер або мобільний пристрій з будь-якою операційною системою, але з встановленим веб-браузером.

Кінцевим користувачам, окрім веб-браузеру, не потрібно встановлювати додаткового програмного забезпечення.

-5-

## **ВХІДНІ І ВИХІДНІ ДАНІ**

Вхідними даними є:

- Геоінформаційна база даних завантажена на сервер у вигляді сервісу об'єктів;
- Натискання лівою кнопкою миші на карту;
- Маркери відображення шару.

Вихідними даними є:

- Інформація про об'єкти на шарах;
- Графічне відображення інженерних мереж;
- Дані представлені у вигляді діаграми.